

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta stavební**

**Katedra dopravního stavitelství**

**Křižovatka Frýdecká – Buničitá – Mostní v Ostravě**

**Intersection Frydecka – Bunicita – Mostni in Ostrava**

**Student:**

**Robert Mlčoch**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**doc. Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.**

**Ostrava 2018**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta stavební  
Katedra dopravního stavitelství

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Robert Mlčoch**

Studijní program:

B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor:

3647R020 Dopravní stavby

Téma:

Křižovatka Frýdecká - Buničítá - Mostní v Ostravě  
Intersection Frydecka - Bunicita - Mostni in Ostrava

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je analyzovat bezpečnost silničního provozu na křižovatce Frýdecký - Buničítá - Mostní v Ostravě (GPS 49.7717989N, 18.2978858E) a vhodnost současného uspořádání. Práce bude obsahovat výsledky provedených dopravních průzkumů (průzkum intenzit, směrový průzkum, analýza dopravní nehodovosti a konfliktních situací).

Pro současné uspořádání bude provedeno kapacitní posouzení (pro výchozí i výhledové intenzity), výkresová dokumentace (situace, dopravní značení) a simulační modely v programu PTV VISSIM (opět pro výchozí i výhledové intenzity).

Dále bude posouzena možnost změny vedení hlavní komunikace, možnost vybudování okružní křižovatky, příp. jiného řešení s ohledem na bezpečnost a plynulost dopravy. Pro všechny návrhy bude provedeno kapacitní posouzení (pouze pro výhledové intenzity), výkresová dokumentace (přehledná situace, ověření průjezdnosti) a simulační modely v programu PTV VISSIM (opět jen pro výhledové intenzity). Navrhovaná řešení se musí lišit od případných existujících dříve řešených návrhů úprav této křižovatky.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 73 6102 Projektování křižovek na pozemních komunikacích

ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací

TP 65 Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích

TP 135 Projektování okružních křižovek na silnicích a místních komunikacích

TP 169 Zásady pro označování dopravních situací na pozemních komunikacích

TP 188 Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovek

TP 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích

TP 225 Prognóza intenzit automobilové dopravy

TP 234 Posuzování kapacity okružních křižovek

KŘIVDA Vladislav, PETRŮ Jan, MAHDALOVÁ Ivana, ŽITNÍKOVÁ Kateřina. *Hodnocení stavebních prvků křižovek s využitím videoanalýzy*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2016, 184 s. ISBN 978-80-248-3995-0

Uživatelský manuál k programu PTV VISSIM

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.

Datum zadání: 31.10.2017

Datum odevzdání: 04.05.2018



Ing. Ivan Fencel, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radlím Čajka, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 3.5.2018

Robert Mlčoch

Robert Mlčoch

### **Prohlašuji:**

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

3.5.2018

Robert Mlčoch

Robert Mlčoch

## **Vzor bibliografické citace**

MLČOCH, Robert, Křižovatka Frýdecká – Buničítá – Mostní v Ostravě, Ostrava, 2018.  
Bakalářská práce. VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební

## **Anotace**

Předmětem bakalářské práce „Křižovatka Frýdecká – Buničítá – Mostní v Ostravě“ je posouzení a analýza současného a nově navrženého stavu křižovatky. Dále posouzení vybudování okružní křižovatky se zřetelem na bezpečnost a plynulost dopravy. Další možností řešení této křižovatky vyplývá z upravení přednosti v jízdě. V první části se budeme zabývat posouzením stávajícího stavu a provedením dopravního průzkumu, včetně zpracování jeho dat. V další části se budeme věnovat možnostem úprav, vedoucím ke zvýšení bezpečnosti a plynulosti dopravy. V poslední části práce jsou vytvořeny simulační modely navržených variant křižovatky v programu PTV VISSIM.

## **Annotation**

The subject of the bachelor thesis „Intersection Frydecka – Bunicita – Mostni in Ostrava“ is to compare and analyse original and newly designed state of the intersection. Further to compare of building circular with regard to the safety and fluency of transport. Another option of solution this intersection results from adjusting priority in driving. In the first part we will be dealing with comparison of current state, execution of traffic survey including processing of survey data. Next part we will be exploring the possibilities of changes leading to increased safety and traffic fluency. In the last part are created traffic simulation models in PTV VISSIM software.

## **Klíčová slova**

Světelně řízená křižovatka, styková křižovatka, okružní křižovatka, kongesce, intenzita, kapacita původní stav, navržený stav, dopravní průzkum, posouzení, bezpečnost, plynulost, program PTV VISSIM, program AUTOTURN

## **Keywords**

Traffic lights, circular, original state, new state, intensity, capacity, congestion traffic survey, safety, assesment, PTV VISSIM software, roundabout, continuity, AUTOTURN software

# **Obsah**

<b>1. Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Současný stav křižovatky a okolí .....</b>	<b>9</b>
2.1 Popis lokality .....	9
2.2 Dopravní značení .....	12
2.2.1 Svislé dopravní značení .....	12
2.2.2 Vodorovné dopravní značení .....	15
<b>3. Dopravní průzkum .....</b>	<b>16</b>
3.1 Metody a postup měření .....	16
3.2 Určení špičkové intenzity dopravy .....	18
3.3 Určení přepočteného počtu vozidel současného stavu křižovatky .....	19
<b>4. Analýza dopravní nehodovosti na křižovatce .....</b>	<b>20</b>
<b>5. Kapacitní posouzení neřízené stykové křižovatky .....</b>	<b>22</b>
5.1 Stupeň podřazenosti jednotlivých proudů .....	22
5.2 Rozhodující intenzity nadřazených dopravních proudů .....	23
5.3 Hodnota kritických časových odstupů .....	24
5.4 Hodnoty následných časových odstupů .....	25
5.5 Základní kapacita .....	25
5.6 Výsledná kapacita .....	26
5.7 Rezerva kapacity .....	27
5.8 Střední doba zdržení $t_w$ a úroveň kvality dopravy ÚKD .....	29
5.9 Délka fronty na vjezdech do křižovatky .....	30
<b>6. Prognóza intenzit dopravy .....</b>	<b>32</b>
<b>7. Návrh řešení – varianta A – okružní křižovatka .....</b>	<b>35</b>
7.1 Popis návrhu okružní křižovatky .....	36
7.1.1 Rameno A .....	36
7.1.2 Rameno B .....	37
7.1.3 Rameno C .....	37
7.1.4 Středový ostrůvek .....	37
7.1.5 Prstenec .....	37
7.1.6 Okružní pás .....	38
7.2 Kapacitní a rezervní posouzení okružní křižovatky .....	38
7.2.1 Kapacitní posouzení vjezdu .....	38
7.2.2 Rezerva kapacity .....	39



7.2.3	Střední doba zdržení a stanovení délky fronty + ÚKD .....	39
7.2.4	Kapacitní posouzení výjezdu z okružní křižovatky .....	40
<b>8.</b>	<b>Návrh řešení – varianta B – změna přednosti v jízdě s vybudováním kapkovitého ostrůvku .....</b>	<b>42</b>
8.1	Popis návrhu změny přednosti v jízdě s kapkovitým ostrůvkem .....	42
8.1.1	Rameno A .....	42
8.1.2	Rameno B .....	43
8.1.3	Rameno C .....	43
8.2	Kapacitní výpočet změny přednosti v jízdě s kapkovitým ostrůvkem .....	44
<b>9.</b>	<b>Vyhodnocení optimálního návrhu a jejich ekonomické zhodnocení.....</b>	<b>45</b>
<b>10.</b>	<b>Simulace v PTV Vissim .....</b>	<b>47</b>
<b>11.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>49</b>
<b>12.</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>51</b>
<b>13.</b>	<b>Seznam obrázků a tabulek .....</b>	<b>53</b>

## Seznam použitých zkratek a značení

A	autobusy
C	cyklisté
ČSN	česká technická norma
LV	lehká vozidla
TV	těžká vozidla
JDVM	jednotná dopravní vektorová mapa
M	motocykly
MK	místní komunikace
NL	nákladní lehké
NT	nákladní těžké
KA	kloubové autobusy
O	osobní automobily
OK	okružní křižovatka
PK	pozemní komunikace
pvoz	přepočtené vozidla
voz	vozidla
TP	technické podmínky
ÚKD	úroveň kvality dopravy
II.	silnice II.třídy

## Seznam veličin

$a_v$	stupeň vytížení [-]
$b$	vzdálenost mezi kolizními body OK [m]
$C$	kapacita dopravního proudu [pvoz/h]
$C_i$	kapacita vjezdu OK [pvoz/h]
$C_e$	kapacita výjezdu OK [pvoz/h]
$C_n$	kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h]
$G_n$	základní kapacita dopravních proudů [pvoz/h]
$H_j$	celkové hodnocení j-té varianty
$h_{i,j}$	hodnocení i-tého kritéria j-té varianty
$I$	intenzita dopravy ve špičkové hodině [voz/h], [pvoz/h]
$I_e$	intenzita vozidel dopravy na výjezdu OK [pvoz/h]
$I_h$	rozhodující intenzita dopravních proudů [pvoz/h]
$I_i$	intenzita vozidel dopravy na vjezdu do OK [pvoz/z]
$I_k$	intenzita dopravy na okruhu [pvoz/h]
$I_o$	výchozí intenzita dopravy [pvoz/h]
$I_v$	výhledová intenzita dopravy [pvoz/h]
$I_n$	intenzita dopravního proudu n {pvoz/h}
$n$	dopravní proud [-]
$n_k$	počet jízdních pruhů na okruhu [-]
$N_{95\%}$	délka fronty na vjezdu [m]
$N_{e,koef}$	koeficient zohledňující počet jízdních pruhů na výjezdu [-]
$N_{i,koef}$	koeficient zohledňující počet jízdních pruhů na vjezdu [-]
$P_{0,n}$	pravděpodobnost nevzdutí dopravního proudu [-]

$Rez$	rezerva kapacity [pvoz/h], [%]
$R_e$	poloměr výjezdu [m]
$R_i$	poloměr vjezdu [m]
$t_f$	následný časový odstup [s]
$t_g$	kritický časový odstup [s]
$t_w$	střední doba zdržení [s]
$v_i$	normovaná váha i-tého kritéria [-]
$v_{85\%}$	rychlost, kterou nepřekračuje 85= vozidel [km/h]
$\Delta$	minimální časový odstup mezi vozidly jedoucími na okruhu za sebou [s]

# 1. Úvod

V této bakalářské práci se budu zabývat stykovou křižovatkou, kterou tvoří silnice II/477 a II/478 v Ostravě (poblíž Vratimova). V současné době je řešení této křižovatky nevyhovující z důvodů často se vytvářejících dopravních kongescí, díky stálému růstu potřeb automobilové dopravy, kterým přestala kapacita současného stavu křižovatky dostávat. Proto byla provedena analýza stávajícího stavu a dle získaných dat byly navrženy dva způsoby řešení, vedoucí ke zlepšení současné situace.

Řešená křižovatka se nachází na malém prostoru, vzhledem k intenzitě projíždějící dopravy, nedostačujícím. Navíc je v blízkosti křižovatky umístěn železniční přejezd, který se nachází na silnici II/477 ve směru na Vratimov a danou dopravní situaci komplikuje zastavováním dopravy.

Celá bakalářská práce je rozdělena do několika částí. Základ všech vypracovaných návrhů je inženýrsko-dopravní průzkum, provedený v říjnu 2017. Při měření dopravních intenzit byl vytvořen videozáznam, který napomáhá k analýze a stavu dopravní situace, včetně zaznamenání krizových situací. V neposlední řadě byla provedena prognóza a posouzení intenzit a kapacity dopravy nynějšího stavu křižovatky pro rok 2037.

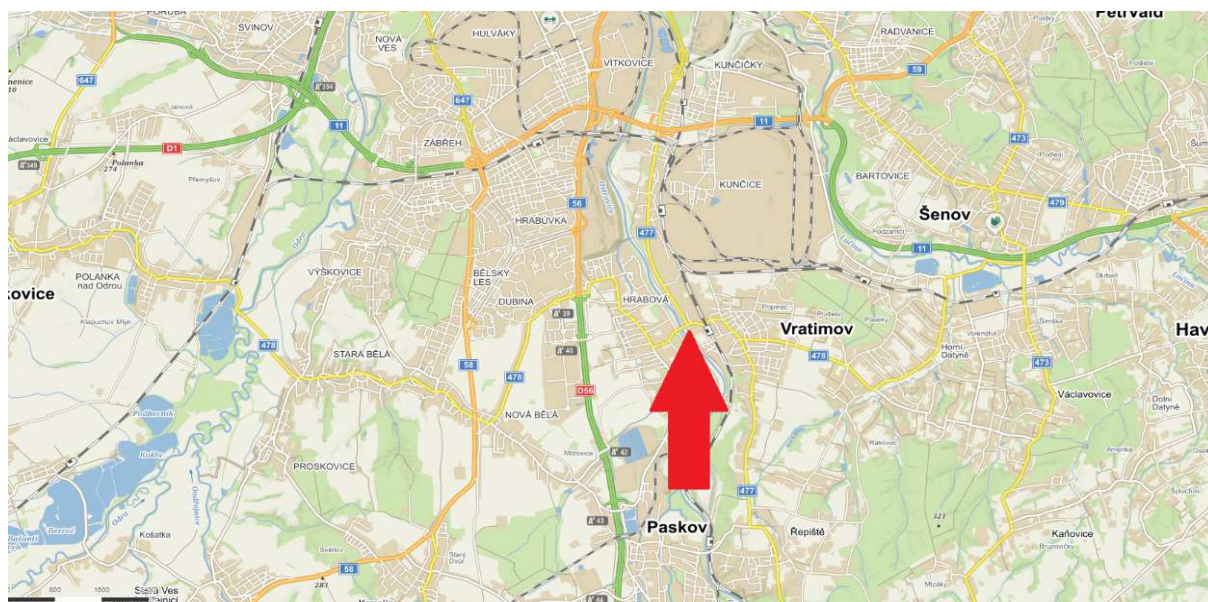
V hlavní části jsou vypracovány jednotlivé úpravy stávajícího stavu křižovatky. Prvním návrhem je vybudování okružní křižovatky, druhá varianta spočívá ve změně zalomené přednosti jízdy na stykové křižovatce.

V závěrečné části práce jsem vytvořil, kromě situačních výkresů jednotlivých řešení, také simulaci provozu v programu PTV VISSIM a ověření průjezdnosti všech kategorií vozidel v programu AUTOTURN. Ze všech provedených návrhů bude vybráno nejvhodnější řešení pro maximální efektivnost, plynulost a bezpečnost dopravy.

## 2. Současný stav křižovatky a okolí

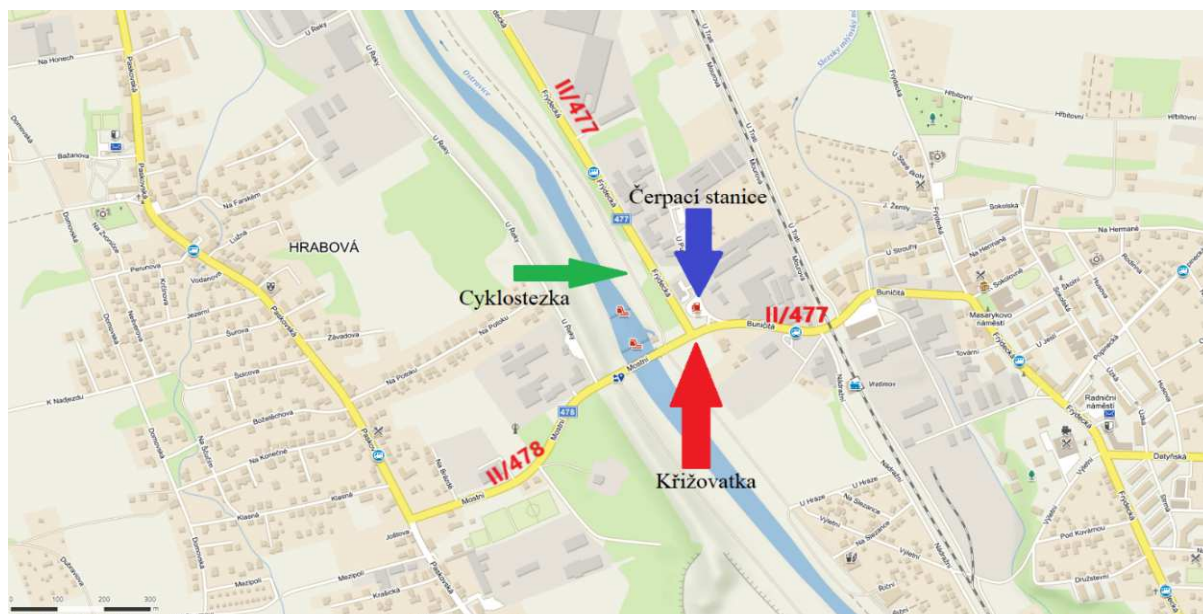
### 2.1 Popis lokality

Křižovatka Frýdecká – Mostní – Buničitá se nachází v Moravskoslezském kraji, v jižní až jihovýchodní části města Ostravy, poblíž města Vratimov [\[1\]](#). Poblíž se nachází čerpací stanice, cyklostezka vedoucí z Ostravy – Hrabové až do Frýdku – Místku (nezasahující do křižovatky), řeka Ostravice a její jez (Hrabová), kvůli kterému se rameno křižovatky z ulice Mostní napojuje přes mostní objekt a znesnadňuje rozšíření jízdního pásu. Jedná se o křižovatku stykovou, tříramennou, jež je tvořena dvěma místními komunikacemi II. třídy, a to II/478, která vede přes rameno ulice Mostní a silnice II/477, vedoucí z Ostravy – Kunčic směrem na Vratimov. Hlavní komunikace vede přes ulici Frýdeckou a Buničitou, což vytváří problémovou zalomenou přednost, kterou se budeme zabývat v hlavní části. Obě silnice jsou dvoupruhové, směrově nerozdělené. Přes křižovatku se uskutečňuje provoz autobusových linek č. 21,41 a 81 městské hromadné dopravy, patřící podniku DPO. Projíždí zde jak kloubové, tak i autobusy celkové délky 15 m. Je tedy nutné jednotlivá řešení navrhnout s ohledem na plynulý průjezd veškerých kategorií vozidel.



Obrázek 2-1 - Lokalita křižovatky (širší okolí) [\[1\]](#)





Obrázek 2-2 - Situace bližších vztahů [1]

Ramena křižovatky jsem označil písmeny A, B a C proti směru hodinových ručiček. Mezi rameny B a C se nachází parkoviště, ze kterého jsem prováděl dopravní průzkum. Mezi rameny A a B je postavena čerpací stanice, jejíž vjezd slouží také jako vjezd do průmyslové zóny a která částečně omezuje výraznou úpravu řešené křižovatky, kvůli obtížnosti přesunu či velké finanční náročnosti.



Obrázek 2-3 - Označení ramen [2]

### **Silnice I/477 – vedoucí z ramena B do ramena A**

Hlavní komunikace a spojka vedoucí z části Ostrava – Kunčice je nejvytěžovanějším ramenem. Má celkovou šířku asfaltové plochy 8 m. Je zde jak vodorovné dopravní značení pomocí vodících proužků V4, tak svislé dopravní značení, označující hlavní komunikaci nebo např. maximální povolenou rychlost. Nejvyšší povolená rychlost činí 80 km/h a při příjezdu do křižovatky je rychlost snížena na 60 km/h.



*Obrázek 2-4 - Rameno A [\[2\]](#)*



*Obrázek 2-5 - Rameno B [\[2\]](#)*



## Silnice I/478 – rameno C

Vedlejší komunikace, spojující část města Ostrava – Hrabová s hlavní komunikací, vedoucí buď do části města Ostravy – Kunčice, anebo druhým směrem na Vratimov. Příjezd tohoto ramena je veden přes řeku Hrabová a cyklostezku s přejezdem pro cyklisty se svislým dopravním značením („Cyklisto, sesedni z kola“). Nejvyšší dovolená rychlost na tomto rameni je 50 km/h. Na komunikaci je vyznačeno vodorovné dopravní značení pomocí vodících proužků. Šířka je 8,2 m. Při napojení do křižovatky je pro účastníky provozu nainstalováno svislé dopravní značení („Dej přednost v jízdě“) s dodatkovou tabulí ukazující přednost v jízdě.



Obrázek 2-6 - Rameno C [2]

## 2.2 Dopravní značení

### 2.2.1 Svislé dopravní značení

Rameno A je v současném stavu osazeno dopravní značkou P 2 – „Hlavní pozemní komunikace“ a dodatkovou tabulí E2b „Tvar křižovatky“. Tyto značky byly umístěny blízko křižovatky, a to hlavně z důvodu příjezdové cesty na čerpací stanici a přilehlou průmyslovou oblast. Takto nainstalované značky nemusí z pohledu řidiče dostatečně informovat o průjezdu danou křižovatkou a mohou se vytvářet konfliktní situace.



Obrázek 2-7 - Rameno A - Svislé dopravní značení [2]

Na větvi B je osazena značka P 2 – „Hlavní pozemní komunikace“ s dodatkovou tabulí E2b „Tvar křižovatky“ v dostatečné a vhodné vzdálenosti. Před příjezdem do křižovatky je nainstalována značka B20a „Nejvyšší povolená rychlost“ stanovující rychlost 60 km/h. Jsou zde také namontovány svislé dopravní značky IS3c („Směrová tabula s jedním cílem“ – celkem 3 kusy) a IS4c („Směrová tabule s jedním místním cílem“) sdělující řidičům důležité navigační body.



Obrázek 2-8 - Rameno B - Svislé dopravní značení [2]





Obrázek 2-9 - Rameno B - Svislé dopravní značení (Tvar křižovatky) [2]

Na rameni C po přejezdu mostního objektu je nainstalována značka P 4 „Dej přednost v jízdě“ s dodatkovou tabulí E2b znázorňující „Tvar křižovatky“. Tyto značky jsou umístěny v blízkosti křižovatky, a to na přímém a přehledném úseku. Jelikož ale řidiči přijíždějí po vedlejší komunikaci, musí dávat přednost ostatním dopravním proudům, majícím přednost, vytváří se zde časté kongesce, znemožňující plynulý provoz a postupně vedoucí ke zkolabování dopravy.



Obrázek 2-10-Rameno C - Svislé dopravní značení [2]

### 2.2.2 Vodorovné dopravní značení

Větev A je opatřena vodící čarou V 4 o šířce 0,25 m. Před křižovatkou je komunikace rozdělena podélnou čarou přerušovanou V2a o šířce 0,125 m, která se mění na podélnou čaru přerušovanou V2b o šířce 0,125 m. Příjezd a výjezd čerpací stanice a malé průmyslové zóny v blízkosti je řešen podélnou čarou přerušovanou V2b o šířce 0,125 m.

Na rameni B jsou z obou stran komunikace namalovány vodící čáry V 4 o šířce 0,25 m. Směrové rozdělení komunikací zajišťuje podélná čára souvislá V1a o šířce 0,125 m.

Také na rameni C je vedení řidičů zajištěno podélnými vodícími čarami V 4 o šířce 0,25 m. Před napojením do křižovatky je ulice Mostní rozdělena podélnou čarou souvislou V1a o šířce 0,125 m. Při výjezdu z křižovatky na rameno C před mostním objektem je znázorněn přechod pro chodce i cyklisty vodorovným dopravním značením V8b. Varování o přechodu je zajištěno jak svislou dopravní značkou IP6 („Přechod pro chodce“) a IP7 („Přechod pro cyklisty“), tak vodorovným dopravním značením. U napojení ramena ke křižovatce je namalována podélná čára V2b o šířce 0,125 m.

Některá vodorovná dopravní značení jsou působením dopravy a vlivu slunečního svitu již značně vybledlá, a to hlavně v oblasti křižovatky v místech odbočení. Doporučoval bych po uskutečnění řešení této křižovatky vodorovné značení zrekonstruovat.

### 3. Dopravní průzkum

Dopravní průzkum je nejdůležitější součástí při plánování a následném navrhování řešení křižovatky. Je to první část mé bakalářské práce. Průzkum jsem provedl dne 5.10.2017 v pracovní den (čtvrtek). Rozdělil jsem ho do dvou částí. Ranní a odpolední, resp. mezi 6:00 - 8:00 a 14:00 – 16:00. Byl proveden v ranní a v odpolední špičce, kdy intenzita dopravy dosahuje největších hodnot. V ranních hodinách bylo zataženo až oblačno, s teplotou kolem 4 C°, a v odpoledních hodinách místy polojasno s teplotou 10 C°. Povětrnostní podmínky byly velmi dobré během obou měření. Celý průzkum jsem natáčel na videozáznam, kvůli přesnějšímu stanovení intenzit a směřování vozidel dopravy, případně stanovení krizových situací. Po celou dobu měření nebyla zaznamenána žádná dopravní nehoda, ovšem vyskytlo se pár krizových situací.

#### 3.1 Metody a postup měření

Stanoviště, ze kterého jsem prováděl jak ranní, tak odpolední průzkum, je mezi rameny B a C na přilehlém parkovišti, viz obrázek č.3-1. Jednotlivé sčítání intenzit jsem prováděl čárkovou metodou do předem připravených sčítacích archů až po pořízení videozáznamu z průzkumu. Časové úseky byly rozděleny do 15minutových intervalů, jelikož jsem předpokládal vysoké intenzity jednotlivých proudů, kvůli kterým bych měl příliš velkou odchylku od skutečných počtů vozidel a měření by mohlo být považované za neplatné. Při rozdělování vozidel kategorií jsem se řídil podle TP 189 - Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích (II. vydání) [3]. Konkrétně na:

- O - osobní automobily
- NL - nákladní lehké
- NT - nákladní těžké
- A - autobusy
- KA - kloubové autobusy
- C - cyklisté
- M - motocykly





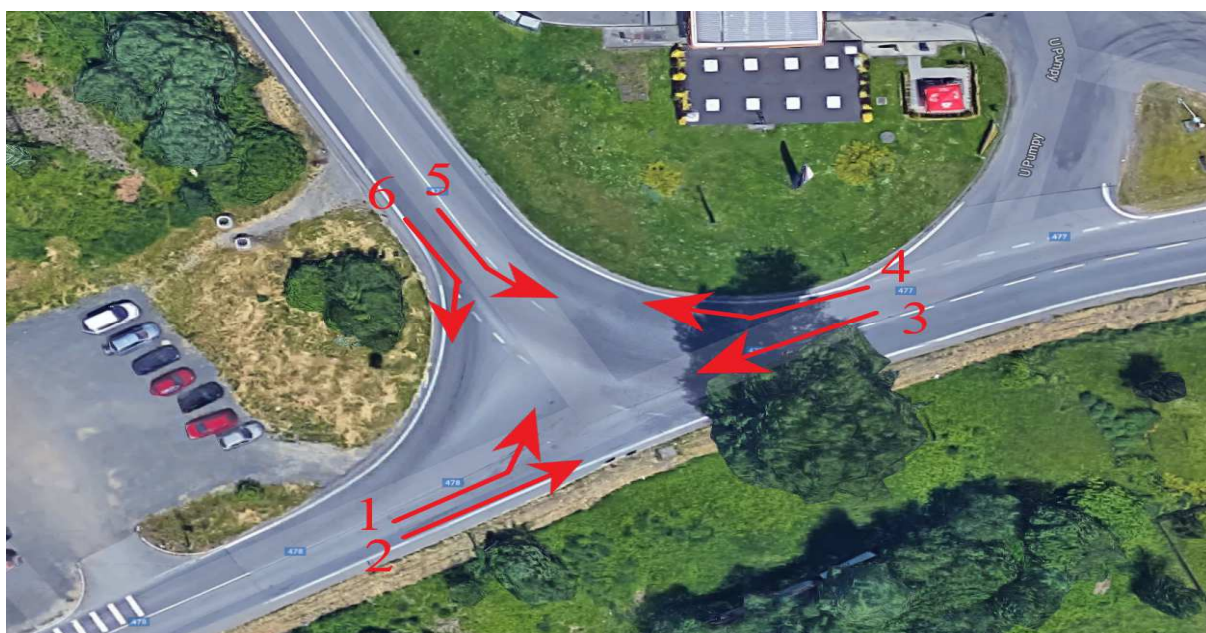
Obrázek 3-1 - Stanoviště a pohled provedeního dopravního průzkumu [2]

V tabulkách č.3-1, 3-2, 3-3 a 3-4 jsou uvedeny naměřené počty intenzit vozidel v ranní i odpolední části měření. Hodnoty jsou rozděleny do jednotlivých kategorií a sečteny dopravní proudy v jednotlivých ramenech:

Rameno A – dopravní proud 3 a 4

Rameno B – dopravní proud 5 a 6

Rameno C – dopravní proud 1 a 2



Obrázek 3-2 - Schématické znázornění dopravních proudů [2]

*Tabulka 3-1 - Intenzita vozidel dopravy mezi 6:00 - 7:00*

Intenzita vozidel v době - 6:00 - 7:00 (voz/h)									
Rameno	O	NT	NL	A	KA	C	M	Celkem	
A	598	4	26	10	4	8	0	650	1287
B	199	26	47	7	1	0	1	281	
C	271	22	51	1	3	6	2	356	

*Tabulka 3-2 - Intenzita vozidel dopravy mezi 7:00 - 8:00*

Intenzita vozidel v době - 7:00 - 8:00 (voz/h)									
Rameno	O	NT	NL	A	KA	C	M	Celkem	
A	606	2	33	6	2	3	1	653	1360
B	285	22	62	5	0	0	1	375	
C	268	17	43	1	1	2	0	332	

*Tabulka 3-3 - Intenzita vozidel dopravy mezi 14:00 - 15:00*

Intenzita vozidel v době - 14:00 - 15:00 (voz/h)									
Rameno	O	NT	NL	A	KA	C	M	Celkem	
A	511	9	27	7	3	9	2	568	1608
B	511	18	50	9	0	1	2	591	
C	398	15	27	0	2	7	0	449	

*Tabulka 3-4 - Intenzita vozidel dopravy mezi 15:00 - 16:00*

Intenzita vozidel v době - 15:00 - 16:00 (voz/h)									
Rameno	O	NT	NL	A	KA	C	M	Celkem	
A	521	6	24	10	2	8	2	573	1697
B	566	12	38	7	0	1	3	627	
C	454	18	16	0	3	6	0	497	

### 3.2 Určení špičkové intenzity dopravy

Špičkovou hodinu, neboli hodnotu nejvyšší hodinové intenzity dopravy v dané křižovatce, jsem určil z výsledků uvedených v tabulce č.3-5. Je to hodnota potřebná pro následné kapacitní posouzení dopravy. Vypočítal jsem ji pomocí sečtení čtyř po sobě jdoucích patnácti minutových intervalů. Takto jsem zjistil celkem 10 různých hodinových intervalů s různými počty vozidel.

Dle zjištěných výsledků jsem stanovil, že špičková hodina dopravy je mezi 15:00 a 16:00 hodinou odpoledne s celkovým počtem 1697 voz/h. Nejvíce vytěžované rameno křižovatky je rameno B, vedoucí z části města Ostravy-Kunčice. Výsledná hodnota není přepočítaná dle koeficientů jednotlivých kategorií vozidel.

*Tabulka 3-5 - Určení intenzity špičkové hodiny*

Výpočet intenzity špičkové hodiny (voz/h)		
Čas		Počet vozidel
od	do	
Ranní		
6:00	7:00	1287
6:15	7:15	1363
6:30	7:30	1377
6:45	7:45	1380
7:00	8:00	1360
Odpolední		
14:00	15:00	1608
14:15	15:15	1667
14:30	15:30	1669
14:45	15:45	1640
15:00	16:00	1697

### 3.3 Určení přepočteného počtu vozidel současného stavu křižovatky

Pro výpočet a stanovení kapacity dopravních proudů musíme určit jejich intenzitu a složení již zjištěné špičkové hodiny. Jednotlivé kategorie vozidel jsou přepočítány příslušnými koeficienty uvedené v TP 188 – „Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek“ [4]. Každá kategorie má jiný koeficient vzhledem k rozdílu ovlivnění dopravy, např. délka vozidla, hmotnost, či ovladatelnost. Přepočtové koeficienty jednotlivých kategorií jsou uvedeny v tabulce číslo 3-6.

*Tabulka 3-6 - Přepočtové koeficienty jednotlivých kategorií vozidel dle TP 188*

Tvar křižovatky	Cyklisté	Motocykly	Osobní automobily	Nákladní lehké, autobusy	Nákladní těžké, kloubové autobusy
styková	0,5	0,8	1	1,5	2



Přepočtené hodnoty vozidel špičkové hodiny mezi 15:00 a 16:00 jsem vypsal do tabulky číslo 3-7 pomocí koeficientů z tabulky číslo 3-6. Výsledná přepočtená intenzita dopravy činí 1777 pvoz/h. Čísla jednotlivých směrů dopravních proudů jsem použil totožné s obrázkem č.3-2. Číslování bylo stanoveno s ohledem na požadavky uvedené v TP 188 [4]. Špičková hodina i po přepočtení jednotlivými koeficienty zůstává stejná.

*Tabulka 3-7 - Špičková hodina - hodnoty přepočtených kategorií vozidel*

Ramena (d.p.)		Osobní	BUS	Kloubové	Motocykly	Cyklisté	NL	NT	přepočet (pvoz/h)
A do	B (4)	251	13,5	0	0,8	0	30	10	305,3
	C (3)	270	1,5	4	0,8	4	6	2	288,3
B do	A (5)	387	10,5	0	0,8	0	24	2	424,3
	C (6)	179	0	0	1,6	0,5	33	22	236,1
C do	A (2)	314	0	6	0	3	3	2	328
	B (1)	140	0	0	0	0	21	34	195
									1777

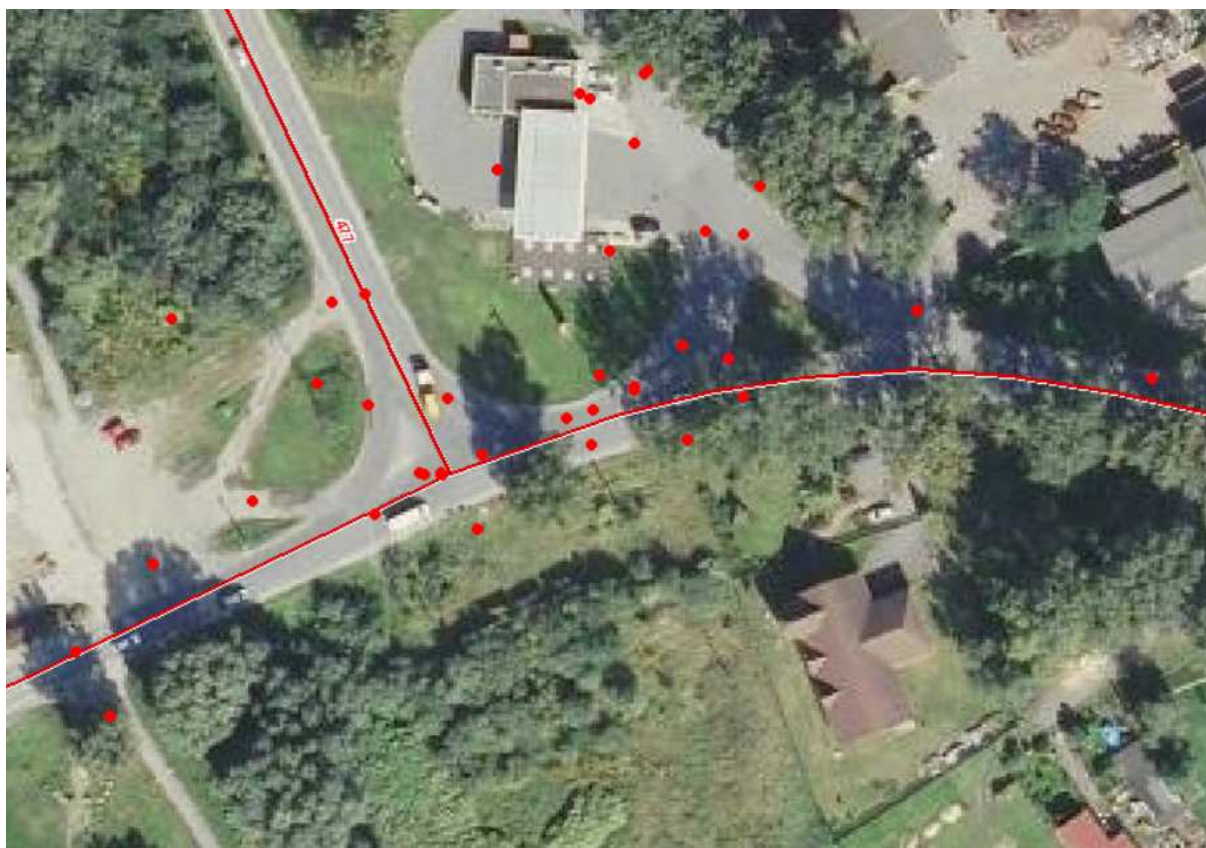
## 4. Analýza dopravní nehodovosti na křižovatce

Analýzu dopravní nehodovosti na křižovatce jsem provedl pomocí mapy informačního systému jednotné dopravní vektorové mapy vedené v databázi Policie České republiky, která poskytuje záznamy o dopravních nehodách ([www.jdvm.cz](http://www.jdvm.cz)) [5]. Konkrétní mapa níže znázorňuje zaznamenané dopravní nehody na dané křižovatce, a to v rozmezí od 1.1.2007 do 31.12.2017.

Každá nehoda má určené své identifikační číslo, pod kterým jsou vedené informace o datumu události, druhu nehody, určení viníka nehody nebo také o počtu zraněných osob. Díky Policii ČR a jejímu vyšetřování nehod jsou zde často napsány i hlavní důvody způsobení kolize. Nejčastějším důvodem je nedání přednosti v jízdě kvůli nerespektování dopravního značení (P4 – „Dej přednost v jízdě“) nebo nepozornosti řidičů či nedodržení bezpečné vzdálenosti jedoucích vozidel. Z informací serveru lze zjistit i stav klimatických podmínek v průběhu nehody. U většiny případů se jednalo o suché, oblačné, polojasné počasí, z čehož můžeme vyloučit vliv počasí na počet kolizních situací. V mapě nejsou zobrazeny lehké nehody, u kterých se účastníci dopravní nehody navzájem domluvili mezi sebou, že škoda na majetku nepřesahuje určitou finanční mez.

Díky veškerým informacím jsme schopni zjistit příčinu nehod. Týkají se konkrétně nedostatečného, na různých místech již vybledlého a špatně viditelného vodorovného dopravního značení, nebo nedostatečného pokrytí svislým dopravním značením. Počet a místa jednotlivých dopravních nehod jsou uvedeny na obrázku číslo 4.1.

Z uvedených informací lze odvodit, že se jedná o nebezpečné místo, kde je zapotřebí řešení křižovatky, vedoucí k plynulejší dopravě a tím pádem ke snížení počtu kolizních situací a eliminaci jakýchkoli příčin či nedostatků, způsobujících chyby řidičů. Pro veškeré informace lze navštívit web [www.jdvm.cz](http://www.jdvm.cz) provozovaný Ministerstvem dopravy ve spolupráci s Policií České republiky.



Obrázek 4-1 - Vyznačení nehodových míst na křižovatce ze serveru [www.jdvm.cz](http://www.jdvm.cz) [5]

## **5. Kapacitní posouzení neřízené stykové křižovatky**

Při posuzování kapacity neřízené stykové křižovatky je zapotřebí se řídit podle TP 188 „Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek [\[4\]](#). Tyto technické podmínky nám prezentují systém očíslování dopravních proudů tak, aby bylo číslování započato od západního ramene křižovatky a proti směru hodinových ručiček. Bohužel ale v TP 188 nepočítají se zalomenou předností, proto jsem musel provést jednoduché úpravy vzorců tak, aby respektovaly přednosti dopravních proudů v křižovatce podle nainstalovaného značení.

### **5.1 Stupeň podřazenosti jednotlivých proudů**

TP 188 rozlišuje čtyři stupně podřazenosti dopravních proudů na neřízené úrovnové křižovatce. Řešení stupňů záleží podle typu křižovatky. V mém případě se jedná o křižovátku stykovou, kde se nachází celkem 6 dopravních proudů.

#### **1.stupeň**

V tomto stupni se nachází dopravní proudy, většinou na označené hlavní komunikaci, které nemusí dávat žádnému jinému přednost, mají absolutní přednost a mohou bez potíží projet plynule křižovátkou bez zdržení. V mé situaci se jedná o proudy 4, 5 a 6.

#### **2.stupeň**

V druhém stupni se nachází ty dopravní proudy, které dávají přednost v jízdě proudům prvního stupně. Zde jsem zařadil proud číslo 2 a 3. Jedná se o jednoduchou podřazenost, což znamená, že jakmile jedoucí vozidla v proudech prvního stupně opustí prostor křižovatky, může proud druhého stupně zahájit průjezd.

### 3.stupeň

Do třetího stupně spadají proudy, které musejí dávat přednost dopravním proudům prvního i druhého stupně. V mém případě je to pouze proud číslo 1. Tento proud projíždí křižovatkou až jako poslední.

Pro přehlednost jsem vytvořil malou tabulku číslo 5-1, ve které jsou přehledně vepsány čísla dopravních proudů ke stupňům podřazenosti.

*Tabulka 5-1 - Stupně podřazeností proudů uvažované pro výpočet neřízené stykové křižovatky*

Stupeň	Charakteristika	Dopravní proudy
		Styková křižovatka
1.stupeň	Celková nadřazenost	4,5,6
2.stupeň	Podřazenost proudům 1.stupně	2,3
3.stupeň	Dvojitá podřazenost proudům 1. 2. stupně	1

## 5.2 Rozhodující intenzity nadřazených dopravních proudů

Výpočet rozhodujících intenzit dopravních proudů je zapsán v TP 188 [4]. Je to základní veličina pro následný výpočet kapacity vedlejších či podřazených dopravních proudů. Opět rozlišujeme výpočet podle typu křižovatky, v mém případě styková. Nepoužil jsem zde hodnoty přepočtených vozidel, protože jak je v literatuře psáno, vedlo by to k nepřesným výpočtům. Hodnotu intenzit proudů беру v naměřených skutečných vozidlech.

Dopravní proudy 1.stupně jsou nadřazené všem a nemusejí dávat nikomu přednost, tudíž neposuzujeme.

Pro dopravní proudy 2.stupně, konkrétně dopravní proudy číslo 2 a 3, je výpočet rozhodující intenzity stanoven podle příslušných technických podmínek vzorcem:

$$I_{h2} = I_5 + 0,5 * I_6 = 519,5 \text{ voz/h}$$

$$I_{h3} = I_5 + I_6 = 627 \text{ voz/h}$$

Dopravní proudy 3.stupně dávají přednost proudům 1. a 2. stupně. Postup výpočtu rozhodujících intenzit pro proudy 3.stupně je identický s postupem pro 2.stupeň.

$$I_{h1} = I_5 + I_4 + I_3 + 0,5 * I_6 = 1092,5 \text{ voz/h}$$

### 5.3 Hodnota kritických časových odstupů

Další částí výpočtu je stanovení hodnoty kritických časových odstupů  $t_g$  pro dopravní proudy č.2, 1 a 3. Stanovují se v závislosti na rychlosti jízdy na hlavní komunikaci a druhu dopravního proudu. V mém případě je maximální povolená rychlost jízdy 50 km/h. Výsledky jednotlivých kritických časových odstupů jsou pro každý dopravní proud mírně odlišné, vzhledem k pozici proudu v křižovatce. Níže uvádím tabulku, podle které jsem postupoval při výpočtu, vyjmutou z TP 188 [4].

Tabulka 5-2 - Střední hodnoty kritických časových odstupů  $t_g$

Druh dopravního proudu	Číslo dopravního proudu	Funkce $t_g$ v závislosti na rychlosti jízdy na hlavní komunikaci $v_{85\%}$ {km/h} - v [s]
Levé odbočení z hlavní	3	$t_g = 3,4 + 0,021 * v_{85\%}$
Pravé odbočení z vedlejší	2	$t_g = 2,8 + 0,038 * v_{85\%}$
Přímý průjezd z vedlejší	-	$t_g = 4,4 + 0,036 * v_{85\%}$
Levé odbočení z vedlejší	1	$t_g = 5,2 + 0,022 * v_{85\%}$

Konkrétní výsledky kritických časových odstupů s dosažením maximální povolené rychlosti v místě křižovatky jsou zde:

$$t_{g3} = 3,4 + 0,021 * v_{85\%} = 3,4 + 0,021 * 50 = 4,45 \approx 4,5 \text{ s}$$

$$t_{g2} = 2,8 + 0,038 * v_{85\%} = 2,8 + 0,038 * 50 = 4,7 \text{ s}$$

$$t_{g1} = 5,2 + 0,022 * v_{85\%} = 5,2 + 0,022 * 50 = 6,3 \text{ s}$$

## 5.4 Hodnoty následných časových odstupů

Po výpočtu hodnot kritických časových odstupů je třeba zjistit i hodnoty následných odstupů  $t_f$ . Tyto hodnoty jsou závislé na druhu dopravního proudu a na úpravě přednosti v jízdě. Záleží tedy jestli na vedlejší komunikaci je použita značka P4 „dej přednost v jízdě“ nebo P6 „stůj, dej přednost v jízdě“. V mém případě se jedná o svislé dopravní značení typu P4. Dané hodnoty odstupů jsem zjistil z tabulky č.5-3, kterou jsem vyhledal v TP 188 „Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek“ [4]:

*Tabulka 5-3 - Návrh středních hodnot následného časového odstupů*

Dopravní proud	Následná mezera $t_f$	
	P4 - „dej přednost v jízdě“	P6 – „Stůj, dej přednost v jízdě“
Levé odbočení z hlavní	2,6	2,6
Pravé odbočení z vedlejší	3,1	3,7
Přímý průjezd z vedlejší	3,3	3,9
Levé odbočení z vedlejší	3,5	4,1

Výsledky pro podřazené dopravní proudy 3, 2 a 1 jsou:

$$t_{f3} = 2,6 \text{ s}$$

$$t_{f2} = 3,1 \text{ s}$$

$$t_{f1} = 3,5 \text{ s}$$

## 5.5 Základní kapacita

Základní kapacita se dá definovat jako maximální počet vozidel, která dokáží projet křižovatkou v časové mezeře mezi vozidly nadřazených proudů, označující se  $G_n$ . U kapacity pro dopravní proudy 1.stupně se udává kapacita 1800 pvoz/h jako pro volně se pohybující proudy. Počítá se tedy pro proudy 2., 3. a 4.stupně. U proudů 2. stupně se uvádí rovnost se základní kapacitou  $C_n = G_n$ . Kapacita dopravních proudů 2. a 3. stupně bude vždy nižší než u proudů vyšších stupňů. U proudů 3.stupně se navíc zohledňuje pravděpodobnost nevzdutí proudů 2.stupně.

Pro výpočet základní kapacity použijeme vztah:

$$G_n = \frac{3600}{t_f} * e^{-\frac{I_H}{3600} * (t_g - \frac{t_f}{2})} \text{ [pvoz/h]}$$

kde:

$t_g$  ... *kritický časový odstup* [s]

$t_f$  ... *následný časový odstup* [s]

$I_H$  ... *rozhodující intenzita nadřazených proudů*

$G_n$  ... *základní kapacita jízdního pruhu n – tého proudu* [pvoz/h]

Jednotlivé výpočty výsledků základní kapacity dopravních proudů:

$$G_3 = \frac{3600}{2,6} * e^{-\frac{627}{3600} * (4,5 - \frac{2,6}{2})} = 793,02 \doteq 794 \text{ pvoz/h}$$

$$G_2 = \frac{3600}{3,1} * e^{-\frac{519,5}{3600} * (4,7 - \frac{3,1}{2})} = 737,1 \doteq 738 \text{ pvoz/h}$$

$$G_1 = \frac{3600}{3,5} * e^{-\frac{1092,5}{3600} * (6,3 - \frac{3,5}{2})} = 258,56 \doteq 259 \text{ pvoz/h}$$

## 5.6 Výsledná kapacita

Tato kapacita nám udává maximální počet vozidel, který je schopný projet křižovatkou ve svém dopravním proudu. Pro dopravní proudy 1.stupně je určena podle TP 188 [\[4\]](#). Jelikož nedávají nikomu přednost, hodnota byla stanovena na:  $C_n = 1800 \text{ pvoz/h}$ . Kapacita proudů 2.stupně se rovná základní kapacitě vypočítané v kapitole 7.5. Konkrétně se jedná o vztah:

$$C_n = G_n$$

kde:

$C_n$  ... *výsledná kapacita jízdního pruhu n – tého proudu* [pvoz/h]

$G_n$  ... *základní kapacita jízdního pruhu n – tého proudu* [pvoz/h]

Výsledek kapacity dopravních proudů č.3,2 spadající do 2.stupně se rovnají:

$$C_3 = G_3 \rightarrow C_3 = 794 \text{ pvoz/h}$$

$$C_2 = G_2 \rightarrow C_2 = 738 \text{ pvoz/h}$$

Pro výpočet kapacity dopravního proudu č.1 se budu řídit postupem uvedeným v TP 188 a upraveným, aby ho bylo možno použít pro křižovatku se zalomenou předností. Jedná se o výpočet výsledné kapacity pro proudy č.1 a 2, které se řadí za sebou, jelikož nemají možnost se řadit vedle sebe. Pro výpočet výsledné kapacity společného pruhu jsem použil vztah:

$$C^{(1)(2)} = \frac{I_1 + I_2}{a_v^1 + a_v^2} = \frac{195 + 328}{1,18 + 0,44} = 322,84 \doteq 323 \text{ pvoz/h}$$

kde:

$$C_1 = G_1 * p_{0,3} = 259 * 0,637 = 164,98 \doteq 165 \text{ pvoz/h}$$

$$p_{0,3} = \max \left\{ 1 - a_{v,3} = 1 - \frac{I_3}{C_3} = 1 - \frac{288,3}{794} = 0,637 \right\} = 0,637$$

$$a_{v,1} = \frac{I_1}{C_1} = \frac{195}{165} = 1,18$$

$$a_{v,2} = \frac{I_2}{C_2} = \frac{328}{738} = 0,44$$

## 5.7 Rezerva kapacity

Rezervu kapacity počítáme vždy pro každý dopravní proud zvlášť. Je to důležitá hodnota pro následné určení střední doby zdržení  $t_w$ . Celkově se dá vyjádřit dvěma způsoby. Jedním je vypočítaná rezerva v přepočtených vozidlech (pvoz/h) nebo rezervu můžeme stanovit pomocí procent.



$$REZ = C_n - I_n \text{ [pvoz/h]} \text{ nebo druhým způsobem: } REZ = (1 - \frac{I_n}{C_n})100 \text{ [%]}$$

Rezerva společného pruhu:

$$REZ_{1,2} = C^{(1)(2)} - (I_1 + I_2) = 323 - (195 + 328) = -200 \text{ pvoz/h}$$

$$REZ_1 = C_1 - I_1 = 165 - 195 = -30 \text{ pvoz/h}$$

$$REZ_2 = C_2 - I_2 = 738 - 328 = 410 \text{ pvoz/h}$$

$$REZ_3 = C_3 - I_3 = 794 - 288,3 = 505,7 \doteq 506 \text{ pvoz/h}$$

$$REZ_4 = C_4 - I_4 = 1800 - 305,3 = 1494,7 \doteq 1495 \text{ pvoz/h}$$

$$REZ_5 = C_5 - I_5 = 1800 - 424,3 = 1375,7 \doteq 1376 \text{ pvoz/h}$$

$$REZ_6 = C_6 - I_6 = 1800 - 236,1 = 1563,9 \doteq 1564 \text{ pvoz/h}$$

Procentuální vyjádření rezerv dopravních proudů:

$$REZ_{1,2} = (1 - \frac{I_1 + I_2}{C^{(1)(2)}}) * 100 = (1 - \frac{195 + 328}{323}) * 100 = -61,92 \%$$

$$REZ_1 = (1 - \frac{I_1}{C_1}) * 100 = (1 - \frac{195}{165}) * 100 = -18,18 \%$$

$$REZ_2 = (1 - \frac{I_2}{C_2}) * 100 = (1 - \frac{328}{738}) * 100 = 55,55 \%$$

$$REZ_3 = (1 - \frac{I_3}{C_3}) * 100 = (1 - \frac{288,3}{794}) * 100 = 63,69 \%$$

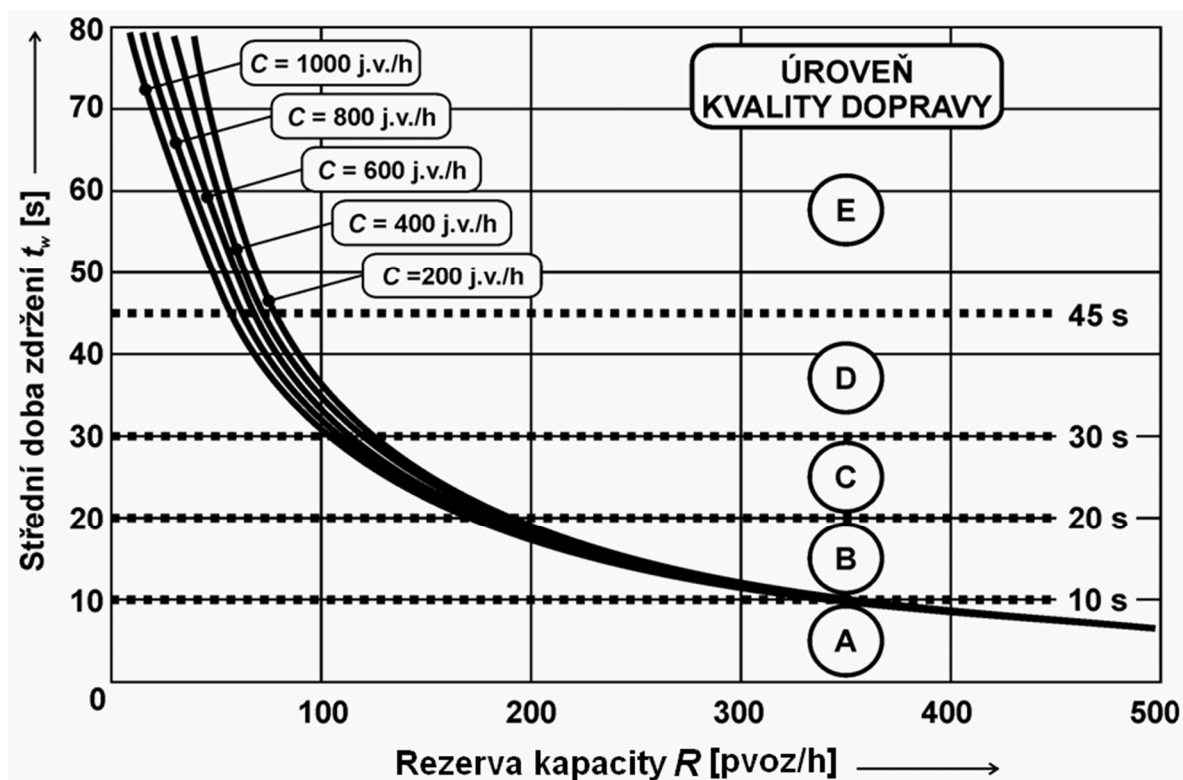
$$REZ_4 = (1 - \frac{I_4}{C_4}) * 100 = (1 - \frac{305,3}{1800}) * 100 = 83,04 \%$$

$$REZ_5 = (1 - \frac{I_5}{C_5}) * 100 = (1 - \frac{424,3}{1800}) * 100 = 76,43 \%$$

$$REZ_6 = \left(1 - \frac{I_6}{C_6}\right) * 100 = \left(1 - \frac{236,1}{1800}\right) * 100 = 86,88 \%$$

## 5.8 Střední doba zdržení $t_w$ a úroveň kvality dopravy ÚKD

Je to hodnota, která úzce souvisí s rezervou kapacit dopravních proudů, kterou musíme nejdříve vypočítat. Poté při určení použijeme graf vyjmutý z TP 188 níže uvedený, znázorňující střední dobu zdržení v závislosti na rezervě. Z tohoto výpočtu lze následně určit úroveň kvality dopravy v jednotlivých dopravních proudech na křižovatce.



Obrázek 5-1 - Graf určující střední dobu zdržení a ÚKD závislé na rezervě kapacit dopravních proudů

Výsledky střední doby zdržení dopravních proudů křižovatky jsem uvedl do tabulky č.5-4:

*Tabulka 5-4 - Výsledky střední doby zdržení dopravních proudů*

Střední doba zdržení			
Dopr. proud	$t_w$ [s]	Dopr. proud	$t_w$ [s]
1	>80	4	<10
2	>80	5	<10
3	7,6	6	<10

Z grafu uvedeného na obrázku číslo 5,1 určíme i úroveň kvality dopravy dopravních proudů. Proudů číslo 3,4,5 a 6 mají stupeň ÚKD – A, což znamená pouze minimální zdržení účastníků provozu. U dopravních proudů číslo 1 vyšlo, že ÚKD je v kategorii F, která znamená největší zdržení, časté vytváření dopravních kongescí a velmi špatnou plynulost dopravy. Do kategorie F jsem taktéž zařadil proud č.2, jelikož sdílí společný pruh s proudem č.1. Je nutné navrhnout řešení ke zlepšení současných podmínek. V tomto případě není potřeba počítat délku fronty na vjezdu do křižovatky, jelikož rezerva kapacity nám vychází v záporných číslech, což znamená, že dané proudy č.1,2 jsou přetížené a jejich intenzita přesahuje kapacitu.

## 5.9 Délka fronty na vjezdech do křižovatky

Pro dopravní proudy 1. stupně není potřeba počítat délku fronty, jelikož nedávají přednost žádnému jinému dopravnímu proudu. Pro dopravní proudy 2. stupně délku fronty vypočítáme dle vztahu:

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} * C_n * (a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3,0 * \frac{8 * a_v}{C_n}})$$

$$N_{95\%,3} = \frac{3}{2} * 794 * (0,363 - 1 + \sqrt{(1 - 0,363)^2 + 3,0 * \frac{8 * 0,363}{794}}) = 10,19 \text{ m}$$

kde:

$$a_{v,3} = \frac{I_3}{C_3} = \frac{288,3}{794} = 0,363$$

$a_v$  ... stupeň vytížení [–]

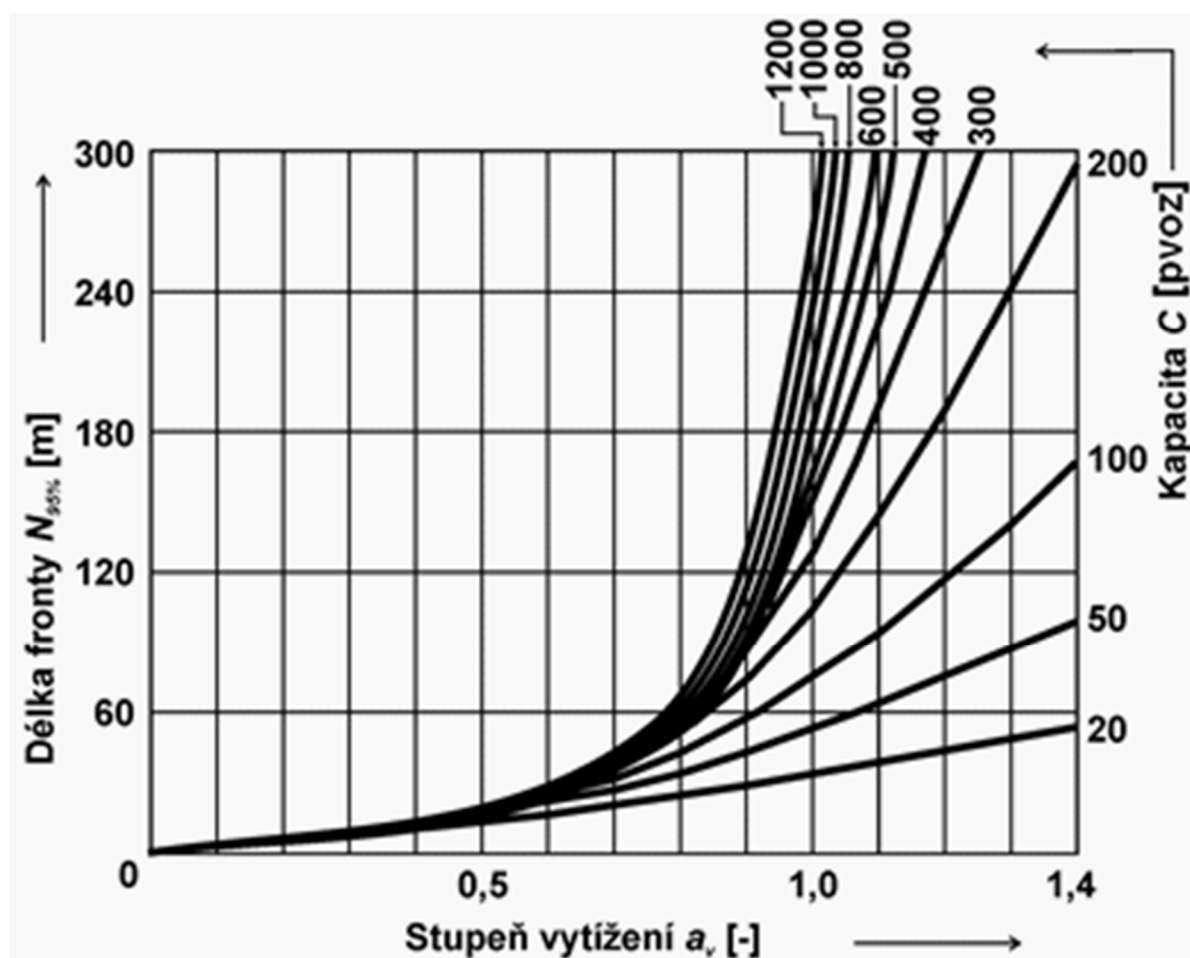
$C_n \dots$ kapacita pruhu dopravního proudu  $n$  [pvoz/h]

$I_n \dots$ návrhová intenzita dopravního proudu [pvoz/h]

Pro přehlednost zde uvádím tabulku délek front jednotlivých dopravních proudů. Jednotlivé délky front lze také určit z obrázku uvedeného v TP 188 [4]:

Tabulka 5-5 - Délka front  $N_{95\%}$  dopravních proudů podle  $a_v$  a kapacity proudu (výchozí rok)

Číslo dopr. proudu	1	2	3	4	5	6
Stupeň vytížení $[a_v]$	1,18	0,44	0,363	0,17	0,236	0,131
Délka fronty $N_{95\%}$ [m]	-	-	10,19	<5	<5	<5



Obrázek 5-2 - Délka fronty  $N_{95\%}$  na vjezdech do neřízené křižovatky v závislosti na stupni vytížení  $a_v$

## 6. Prognóza intenzit dopravy

Prognóza intenzity dopravy je vyžadována při určení výhledových intenzit dopravy. V mém případě se jedná o prognózu stanovenou za 20 let od doby průzkumu, rok 2037. Pro stanovení jsem využil metodu jednotného součinitele růstu. Ve výpočtech byly použity koeficienty zapsané v TP 225 – „Prognóza intenzit automobilové dopravy“ [6]. Koeficienty závisí na typu komunikace a také na kategorii vozidel. Jednotlivé kategorie byly rozděleny do dvou skupin uvedených v tabulce níže.

*Tabulka 6-1 - Rozdělení vozidel do kategorií pro výpočet prognózy intenzity dopravy*

Skupina vozidel	Druh vozidel
L - lehká	O - osobní automobily, M – motocykly, C - cyklisté
T - těžká	NL - nákladní lehké, NT - nákladní těžké, A - autobusy, KA- kloubové autobusy

Typ komunikace vedoucí do křižovatky jsou silnice II. třídy. Použil jsem tedy příslušné koeficienty vyhledané v technických podmínkách pro silnice II. a III. třídy. Pro výpočet koeficientu prognózy intenzit dopravy je potřeba použít vzorec  $k_p = \frac{k_v}{k_o}$ . Hodnoty jsou zapsány v tabulce číslo 6-2.

*Tabulka 6-2 - Koeficienty pro vývoj intenzity dopravy z TP 225*

	$k_o$ - koeficient vývoje intenzit dopravy pro výchozí rok (2017)	$k_v$ - koeficient vývoje intenzit dopravy pro výhledový rok (2037)	$k_p$ - koeficient prognózy intenzit dopravy
LV	1,14	1,57	1,38
TV	1,01	1,05	1,04

V tabulce číslo 6-3 uvádím výchozí intenzity vozidel  $I_o$  rozdělené podle jejich kategorií a také dopravních směrů. Následně jsem použil koeficient pro prognózu intenzity dopravy a přepočtl jsem jednotlivé výsledky na prognózu intenzity vozidel  $I_v$  na výhledový rok 2037. Hodnoty výhledových intenzit byly získány ze vztahu:

$$I_v = I_o * k_p,$$

kde:

$I_v$  ... výhledová intenzita pro skupiny vozidel [voz/h]

$I_o$  ... výchozí intenzita pro skupiny vozidel [voz/h]

$k_p$ ... koeficient prognózy intenzit dopravy [-]

*Tabulka 6-3 - Celkový součet intenzity kategorií vozidel pro výchozí rok 2017*

Výchozí intenzity dopravy $I_o$ pro rok 2017				
Rameno	číslo dop. proudu	Kategorie vozidel		Suma (voz/h)
		LV (voz/h)	TV (voz/h)	
A	4	252	34	286
	3	279	8	287
B	6	182	33	215
	5	388	24	412
C	1	140	31	171
	2	320	6	326
				1697

*Tabulka 6-4 - Celkový součet intenzity kategorií vozidel pro výhledový rok 2037*

Výhledové intenzity dopravy $I_v$ pro rok 2037				
Rameno	číslo dop. proudu	Kategorie vozidel		Suma (voz/h)
		LV (voz/h)	TV (voz/h)	
A	4	348	36	384
	3	385	9	394
B	6	251	35	286
	5	535	25	560
C	1	193	33	226
	2	441	7	448
				2298

Tabulka 6-5 - Hodnota přepočtených intenzit dopravních proudů pro výhledový rok 2037

		Přepočtená vozidla pro výhledový rok 2037						přepočet (pvoz/h)
		LV	TV	TV	LV	LV	TV	
Ramena (d.p.)		Osobní	BUS	Kloubové	Motocykly	Cyklisté	NL	NT
A do	B (4)	346	15	0	2	0	32	11
	C (3)	372	2	5	2	6	7	3
B do	A (5)	533	11	0	2	0	25	3
	C (6)	247	0	0	3	1	35	23
C do	A (2)	433	0	7	0	5	4	3
	B (1)	193	0	0	0	0	22	36
								2389

Pro výhledový rok 2037 jsem určil kapacitu křižovatky obdobně. Postupoval jsem jako při výpočtu současného stavu. U výpočtů jsem se řídil postupem uvedeným v TP 188 – „Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek“ [4]. Hodnoty pro výpočet jsem použil z tabulky č.6-5. Jedná se o přepočtená vozidla koeficienty na prognózu intenzit dopravy pro výhledový rok 2037. Podrobný postup řešení kapacity a jednotlivých výpočtů nalezneme v příloze A. V tabulce č. 6-6 jsou zapsány výsledky řešení:

Tabulka 6-6 - Výsledky kapacitního výpočtu pro výhledový rok 2037

Dopr. proud	I <sub>h</sub> [voz/h]	t <sub>g</sub> [s]	t <sub>f</sub> [s]	G <sub>n</sub> [pvoz/h]	C <sub>n</sub> [pvoz/h]	Rez [pvoz/h]	Rez [%]	ÚKD
4	-	-	-	1800	1800	1394	77,44	A
3	846	4,5	2,6	653	653	256	39,2	B
5	-	-	-	1800	1800	1226	68,11	A
6	-	-	-	1800	1800	1491	82,83	A
2	703	4,7	3,1	628	628	176	28,03	F
1	1481	6,3	3,5	159	63	-188	-298,41	F

*Tabulka 6-7 - Délka front  $N_{95\%}$  dopravních proudů podle  $a_v$  a kapacity proudu (výhledový rok)*

Číslo dopr. proudu	1	2	3	4	5	6
Stupeň vytížení [ $a_v$ ]	3,98	0,719	0,607	0,226	0,319	0,172
Délka fronty $N_{95\%}$ [m]	-	-	21	<5	<5	<5

Z dvacetileté prognózy intenzit dopravy lze vyčíst, že situace se v průběhu let bude zhoršovat. Intenzity jednotlivých proudů budou vzrůstat a bude stále větší možnost vytváření kongescí. Je tedy více než vhodné navrhnout řešení, které by vyhovovalo i do budoucna. Pomocí prognózy intenzit dopravy a dalších výpočtů jsem stanovil, že ÚKD pro proudy č.4,5 a 6 zůstává v kategorii A, proud č.3 jsem zařadil do kategorie B a zbylé proudy č.1 a 2 byly zařazeny do kategorie F. Tyto proudy nesplňovaly ani požadavky pro stávající stav, natož pro výhledový, dle požadavků TP 225 – „Prognóza intenzit automobilové dopravy“ [6]. Délka front dopravních proudů se vzhledem ke vzrůstajícím intenzitám oproti stávajícímu stavu prodloužila. Z těchto výpočtů vychází najevo kapacitní problém křižovatky, což je důvod, proč jsem si ji vybral jako téma mé bakalářské práce. Při návrhu řešení křižovatky budu brát zřetel na bezpečnost a plynulost všech dopravních proudů.

## 7. Návrh řešení – varianta A – okružní křižovatka

Z důvodů vysokých intenzit vozidel dopravy je v současném stavu tato křižovatka nevyhovující. Vytvářejí se časté kongesce s nemožností plynulé dopravy na rameni A křižovatky. Díky tomu vznikají krizové situace, protože řidiči často zpanikaří nebo nedávají dostatečný pozor při jízdě. Proto zde navrhuji dva způsoby řešení. První variantou je vybudování okružní křižovatky. Ve druhém způsobu řešení se budu zabývat změnou přednosti v jízdě na stykové křižovatce se stavebními úpravami.



## 7.1 Popis návrhu okružní křižovatky

Jako první variantní řešení byla možnost vybudování okružní křižovatky. Při návrhu bylo postupováno podle ČSN 73 6102 „Projektování křižovatek na pozemních komunikacích [7], současně s TP 135 „Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích“ [8]. Posuzování kapacit bylo provedeno dle TP 234 „Posuzování kapacity okružních křižovatek“ [10].

Tento návrh je možné uskutečnit na větší ploše zabraného území, při záboru většího počtu pozemků. Přesto je tvorba okružních křižovatek velmi oblíbená, hlavně z důvodu větší plynulosti a bezpečnosti všech účastníků dopravy. Přednosti v jízdě jsou na všech okružních křižovatkách stejné, tedy vozidlo jedoucí po okružním pásu má vždy přednost. V neposlední řadě by zde měla být zvýšena kapacita oproti klasické úrovnové křižovatce.

Okružní křižovatka byla navržena jako tříramenná s jedním jízdním pruhem na okružním pásu. Při navrhování byl brán zřetel na původní uspořádání ramen stykové křižovatky. Navržená okružní křižovatka má vnější průměr 36 m. Vnitřní průměr činí 14 m. Tento kruh je vegetačně upraven. Okružní jízdní pás má šířku 8 m a je rozšířen u vnitřku prstencem šířky 2 m, který je v případě nouze možno přejíždět. Celková šířka pojížděné plochy na okružní křižovatce může činit až 10 m. Návrhová rychlost je 30 km/h. Při návrhu jsem postupoval pomocí platných informací uvedených v TP 135 „Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích“ [8].

### 7.1.1 Rameno A

Poloměr oblouku na vjezdu do okružního pásu je 12 m. Šířka vjezdu mezi vodorovným dopravním značením je 4,65 m. Poloměr výjezdového oblouku na rameno A je 35 m a šířka jízdního pásu na výjezdu mezi vodorovným dopravním značením je 4,75 m. Vjezd a výjezd ramene je oddělen ostrůvkem. Ostrůvek je široký 1,5 m a dlouhý 9 m. Celá plocha ostrůvku je vydlážděna a na něm naistalována svislá dopravní značka C4a „Přikázaný směr objíždění vpravo“. Navíc je zde vozovka doplněna o vodorovné dopravní značení odsazené 0,25 m od

ostrůvku. Při navrhování dopravního značení jsem se řídil podle TP 65 „Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích“ [9].

#### 7.1.2 Rameno B

Vjezdový poloměr oblouku na okružní pás je 15 m a šířka činí 4,40 m. Vjezd a výjezd ramene B okružní křižovatky je směrově oddělen ostrůvkem šířky 1,5 m a délky 8,50 m. Plocha ostrůvku je vydlážděna a vybavena svislou dopravní značkou C4a „Příkazaný směr odbočení vpravo“. Ostrůvek je doplněn o vodorovné dopravní značení V4 odsazené 0,25 m od ostrůvku. Poloměr výjezdového oblouku na rameno B je 41 m. Šířka výjezdové větve mezi vodorovným dopravním značením je 4,80 m.

#### 7.1.3 Rameno C

Poloměr vjezdového oblouku na okružní jízdní pás je 15 m s šířkou pásu mezi dopravním značením 3,40 m. Výjezdový poloměr oblouku je 42 m s šířkou jízdního pásu 6 m. Vjezd a výjezd je oddělen vydlážděným ostrůvkem. Na ostrůvku je nainstalována svislá dopravní značka C4a „Příkazaný směr odbočení vpravo“. Ostrůvek je doplněn o vodorovné dopravní značení V4 odsazené o 0,25 m.

#### 7.1.4 Středový ostrůvek

Středový ostrůvek má průměr 14 m. Bude oddělený od prstence silničním obrubníkem, což znamená, že bude oproti asfaltové vozovce mírně vyvýšen. Jeho celá plocha bude zatravněna, případně vytvořena vegetační úprava pro zkrášlení.

#### 7.1.5 Prstenec

Prstenec kvůli lepší průjezdnosti velkorozměrových vozidel bude navržen jako pojízdný. Povrch se bude lišit od asfaltové vozovky. Jeho vnější okraj bude zvýšen o 0,03 m. Konstrukce prstence bude složena z žulových dlažebních kostek.

### 7.1.6 Okružní pás

Okružní pás je vytvořen jako jednopruhový, tvořený asfaltovým krytem. Šířka okružního pásu je 8 m. Celkové rozměry křižovatky a její návrh byl ověřen průjezdností pomocí vlečných křivek v programu AutoTURN. Ověření průjezdnosti bylo provedeno na autobus nekloubový délky 15 m.

## 7.2 Kapacitní a rezervní posouzení okružní křižovatky

Tento návrh křižovatky byl posouzen na vypočtené intenzity vozidel pro výhledový rok 2037. Kapacitní výpočet byl proveden podle TP 234 „Posuzování kapacity okružních křižovatek“ [10]. Výpočty budou provedeny pro každé rameno zvlášť. Souhrnné výsledky kapacitních a rezervních výpočtů jsou uvedeny v tabulce číslo 7-1.

### 7.2.1 Kapacitní posouzení vjezdu

Pro kapacitní posouzení vjezdu bylo potřeba vypočítat výhledové intenzity na okružním pásu. Je potřeba zjistit poloměry vjezdu, poloměry výjezdy a vzdálenost mezi nimi. Tyto vzdálenosti a poloměry byly zjištěny z programu AutoCAD 2017, kde jsem celý návrh narýsoval. Výpočet byl proveden pomocí vzorce:

$$C_i = 3600 * \left(1 - \frac{\Delta * I_k}{n_k * 3600}\right)^{n_k} * \frac{n_{i,koef}}{t_f} * e^{-\frac{I_k}{3600} * (t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta)}$$

kde:

$C_i$  ... je kapacita vjezdu [pvoz/h]

$I_k$  ... intenzita dopravy na okruhu [pvoz/h]

$n_k$  ... počet jízdnic pruhů na okružním pásu [-]

$n_{i,koef}$  ... koeficient zohledňující počet jízdnic pruhů na vjezdu [-]

$n_{i,koef} = 1,00$  .... pro jednopruhovú vjezdy

$n_{i,koef} = 1,50$  .... pro dvoupruhové vjezdy

$t_g$  ... kritický časový odstup [s]

$t_f$  ... následný časový odstup [s]

$\Delta$  ... minimální časový odstup mezi vozidly jedoucími na okruhu za sebou [s].  $\Delta$  je konstantní hodnota 2,1 s

### 7.2.2 Rezerva kapacity

Rezervu kapacity stanovíme díky zjištěným návrhovým intenzitám dopravních proudů a vypočtených kapacit pruhu. Pomocí rezervy se následně stanoví ÚKD. Rezervu vypočítáme pomocí vzorce:

$$REZ = C_n - I_n$$

kde:

Rez ... rezerva kapacity [pvoz/h]

$C_n$  ... kapacita vjezdu [pvoz/h]

$I_n$  ... intenzita dopravy na vjezdu [pvoz/h]

### 7.2.3 Střední doba zdržení a stanovení délky fronty + ÚKD

Střední doba zdržení závisí na vypočtené kapacitě pruhu a její rezervě. Délka fronty na vjezdech do neřízené křižovatky se stanovuje jako dimenzování na 95 % pravděpodobnost uvažované délky fronty. Střední doba zdržení a délka fronty na vjezdech se stanovují pomocí obrázku č.5-1 a 5-2. Stupeň vytížení je určen vztahem:

$$a_v = \frac{I_n}{C_n}$$

kde:

$a_v$  ... stupeň vytížení [-]

$I_n$  ... návrhová intenzita dopravního proudu [pvoz/h]

$C_n$  ... kapacita pruhu dopravního proudu n [pvoz/h]

#### 7.2.4 Kapacitní posouzení výjezdu z okružní křižovatky

Základní kapacitu vozidel výjezdu z okružní křižovatky lze určit ze vztahu:

$$C_e = \frac{3600 * n_{e,kcoef}}{t_f}$$

kde:

$C_e$  ... kapacita výjezdu [pvoz/h]

$n_{e,kcoef}$  ... koeficient zohledňující počet pruhů na výjezdu [-]

$n_{i,kcoef} = 1,00$  .... pro jednopruhé vjezdy

$n_{i,kcoef} = 1,50$  .... pro dvoupruhé vjezdy

$t_f$  ... následný časový odstup vozidel (následná mezera) [s]

Na řešeném místě se nenachází žádný přechod pro chodce, v místě křižovatky se nepohybují žádní chodci, není třeba je zohledňovat ani v případných výpočtech.

Nakonec pro každý výjezd z okružní křižovatky se zvlášť vypočítá stupeň vytížení  $a_v$ :

$$a_v = \frac{I_e}{C_e} [-]$$

kde:

$a_v$  ... stupeň vytížení na výjezdu [-]

$I_e$  ... Intenzita vozidel dopravy na výjezdu [pvoz/h]

$C_e$  ... kapacita výjezdu [pvoz/h]

Stupeň vytížení výjezdu určí, zda vzhledem k intenzitám vozidel dopravy výjezd kapacitně vyhovuje či nikoli. Je-li  $a_v < 0,9$ , pak výjezd kapacitně vyhovuje, je-li  $a_v \geq 0,9$ , pak intenzitám dopravy kapacitně nevyhovuje.

Výsledné kapacity návrhu okružní křižovatky splňují požadavky na vypočtené intenzity výhledového roku 2037. Jednotlivá ramena byla posouzena zvlášť. Na ramena křižovatky A a C vyšla úroveň kvality dopravy B, což znamená pouze minimální zdržení bez front. Pro úroveň kvality dopravy ramena B vyšel stupeň C, tedy ojedinělé vytváření krátkých front. Celkově návrh okružní křižovatky splňuje veškeré požadavky pro ÚKD z TP 234 „Posuzování kapacity okružních křižovatek“ [10]. Výsledné ÚKD pro tento návrh okružní křižovatky je C. Křižovatka je vyhovující s ojediněle se tvořícími malými frontami. Podrobný postup kapacitního řešení křižovatky je uveden v příloze B. Souhrnné výsledky jsem uvedl do tabulky č.7-1.

*Tabulka 7-1 - Souhrn výsledků kapacitního výpočtu okružní křižovatky*

Rameno	Vjezd					Výjezd			ÚKD
	$I_k$ [pvoz/h]	$I_i$ [pvoz/h]	$C_i$ [pvoz/h]	Rez [pvoz/h]	Rez [%]	$I_e$ [pvoz/h]	$C_e$ [pvoz/h]	$a_v$ [-]	
C	574	703	893	190	21,28	706	1500	0,471	B
A	251	803	1075	272	25,3	1026	1500	0,684	B
B	397	883	985	102	10,36	657	1500	0,438	C
Celkem	1222	2389				2389			

## **8. Návrh řešení – varianta B – změna přednosti v jízdě s vybudováním kapkovitého ostrůvku**

Jelikož je řešená křižovatka ulic Frýdecká – Buničtá – Mostní vedená jako styková křižovatka se zalomenou předností v jízdě, zabýval jsem se v druhé variantě možností způsobu řešení zalomené přednosti, a to včetně zbudování kapkovitého ostrůvku s odbočovacím pruhem pro větší plynulost a efektivnost dopravy.

### **8.1 Popis návrhu změny přednosti v jízdě s kapkovitým ostrůvkem**

Při tomto návrhu bylo dbáno na plynulé napojení již stávajících ramen křižovatky. Řídil jsem se podle ČSN 73 6102 „Projektování křižovatek na pozemních komunikacích“ [7], ČSN 73 6110 „Projektování místních komunikací“. Pro následný výpočet kapacit návrhu křižovatky pro intenzity výhledového roku 2037 jsem se řídil postupy v technických podmínkách TP 188 „Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek“ [4].

Návrh tohoto řešení spočívá v narovnání zalomené přednosti v jízdě. Hlavní komunikace je nyní vedena z Vratimova (II/477) do Hrabové (II/478). Současně byl oddělen dopravní proud č. 5 a 6 odbočovacím pruhem zakončený připojením na rameno C. Navrhovaná rychlost v okolí křižovatky je 50 km/h. Poloha křižovatky se totiž nachází na území obce Vratimov.

#### **8.1.1 Rameno A**

Tímto ramenem prochází hlavní silnice. Pro řidiče zde platí absolutní přednost v jízdě. Šířka komunikace je od hrany ke hraně komunikace 8,75 m. Při návrhu jsem respektoval šířku komunikace stávajícího stavu, kterou jsem upravil rekonstrukcí vodorovného dopravního značení. Poloměr nároží křižovatky spojující ramena A a B byl vzhledem k ověření díky vlečným křivkám linkového 15 m autobusu stanoven na 25 m. 40 m před začátkem nároží se nachází svislá dopravní značka IS3a a IS3c „směrová tabule s jedním cílem“. Z důvodu vjezdu a výjezdu na čerpací stanici bylo nutno posunout dopravní značku P2 „Hlavní pozemní komunikace“ a E2b „Tvar křižovatky“ pouze 5 m před začátek nároží křižovatky. Při výjezdu

z čerpací stanice byla pouze doplněna svislá značka P04 „Dej přednost v jízdě“ a C03a „Příkazaný směr jízdy zde vpravo“.

### 8.1.2 Rameno B

Na tomto rameni navrhuji vytvoření kapkovitého ostrůvku. Ostrůvek má délku 8,35 m a šířku 1,5 m. Dopravní proud č. 5 je při napojení na hlavní komunikaci rozšířen na 6,5 m. Ostrůvek předchází vodorovné dopravní značení V 13a „Šikmé vodorovné čáry. Celá plocha kapkovitého ostrůvku je zpevněna dlažbou, a to hlavně pro jednoduchou údržbu. Na ostrůvku jsou z obou stran nainstalovány svislé značky C04a „Příkazaný směr objíždění vpravo“ zdůrazňující pohyb vozidel. Současně na tomto rameni byl zřízen odbočovací pruh končící stop čarou s doplňující značkou P06 „Stůj, dej přednost v jízdě“ pro směr jízdy vpravo do Hrabové. Celková délka odbočovacího pruhu je 90 m. Vyřazovací úsek má délku 40 m. Poloměry náběhového klínu jsou 150 m. Vzhledem k navržené rychlosti  $v_n = 50$  km/h a typu křižovatky jsem zvolil délku zpomalovacího úseku  $L_d = 35$  m. Čekací úsek  $L_c$  má délku 15 m. Tato vzdálenost byla určena tak, aby nejdelší možné vozidlo (15 m autobus) bylo schopné se vejít do tohoto prostoru, aniž by přesahovalo do jiného. Šířka pruhu v místě zastavení vozidla připojujícího se na hlavní komunikaci směr Hrabová je 5,5 m. Poloměr nároží odbočovacího pruhu a ramena C byl stanoven s ohledem na průjezdnost vozidel ověřenou jejich vlečnými křivkami na 20 m. Z důvodu bezpečnosti byl mezi odbočovacím pruhem a pruhem vedoucím rovně, vybudován směrovací trojúhelníkový ostrůvek délky 9,25 m a šířky 9,50 m. Kvůli jednoduché údržbě je ostrůvek pokryt zámkovou dlažbou. Na ostrůvku je nainstalována svislá dopravní značka C04c „Příkazaný směr objíždění vpravo a vlevo“ a značka P04 „Dej přednost v jízdě“.

### 8.1.3 Rameno C

Šířka komunikace na rameni C zůstala stejná jako stávající stav. V blízkosti se totiž nachází mostní objekt. Rozšíření tohoto mostu by mělo vliv na velkou finanční náročnost celé stavby. Ke zvýšení plynulosti dopravy byl hned za mostním objektem a přejezdem pro cyklisty navržen přídatný pruh pro jízdu přímým směrem. Stávající pruh bude sloužit pro odbočení z hlavní komunikace vlevo směrem na Ostrava-Kunčice. Poloměry náběhových klínů pro přídatný pruh jsou 100 m. Šířka přidaného pruhu je 3,25 m a délka 50 m. Rozdělení jízdních pruhů je provedeno pomocí vodorovného dopravního značení V2b (0,25) „Podélná čára přerušovaná“.



V přidaném pruhu jsou na vozovce zobrazeny vodorovné šipky po 5 m, které upozorňují na jeho ukončení s plynulým zařazením do vedlejšího pruhu. Proto je i 40 m před ukončením namontována značka IP 18b „Snížení počtu jízdních pruhů“. Pro zřejmost vedení pruhů je 15 m před začátkem přídatného pruhu nainstalována dopravní značka IP 19 „Řadící pruhy“. Svislá značka IS 3c „Směrová tabule s jedním cílem“ (2x) je z důvodu malých vzdáleností umístěna 10 m před začátkem náběhového klínu přidaného pruhu.

## 8.2 Kapacitní výpočet změny přednosti v jízdě s kapkovitým ostrůvkem

Výpočty kapacit navrhovaného řešení jsem provedl pomocí postupů a vzorců uvedených v TP 188 „Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek“ [4]. Při výpočtech jsem použil přepočtené intenzity vozidel pro výhledový rok 2037.

Souhrnné výsledky všech kapacitních výpočtů pro návrh řešení změny přednosti v jízdě jsou uvedeny v tabulce č.8-1. Detailní postup výpočtu nalezneme v příloze C. Jedná se o velmi nestabilní řešení. ÚKD dosahuje na jednom dopravním proudu stupně F. Návrh křižovatky tedy nevyhoví.

*Tabulka 8-1 - Souhrn kapacitních výpočtu varianty B - změna přednosti v jízdě*

d.p.	I [voz/h]	I [pvoz/h]	I <sub>h</sub> [pvoz/h]	t <sub>g</sub> [s]	t <sub>f</sub> [s]	G <sub>n</sub> [pvoz/h]	C <sub>n</sub> [pvoz/h]	Rez [pvoz/h]	Rez [%]	ÚKD
3	394	397	-	-	-	1800	1800	1403	77,94	A
4	384	406	-	-	-	1800	1800	1394	77,44	A
2	448	452	-	-	-	1800	1800	1348	25,11	A
6	286	309	586	4,7	3,7	612	612	303	49,51	B
1	226	251	778	4,5	2,6	694	694	443	63,83	A
5	560	574	812	6,3	3,5	369	236	-338	-143,22	F

## 9. Vyhodnocení optimálního návrhu a jejich ekonomické zhodnocení

Pro hodnocení jednotlivých variant řešení jsem se rozhodl použít multikriteriální hodnocení. Cílem bylo zvýšení bezpečnosti a hlavně větší plynulost dopravy i do budoucna. Kritéria hodnocení jsou: bezpečnost křižovatky, ekonomická a finanční náročnost, estetika řešení, kapacita, náročnost projektu výstavby a také celkové zklidnění dopravy.

Každému kritériu hodnocení byla přiřazena jejich váha podle metody párového porovnání [11]. Metodou párového porovnání se zjišťují vztahy mezi jednotlivými dvojicemi kritérií a přiřazuje se jejich důležitost. Cílem této metody je porovnání každého kritéria s každým a následné zjištění počtu preferencí daných kritérií. Podle počtu preferencí kritéria se určí jeho pořadí v seznamu ostatních kritérií. Samotný postup řešení, a tedy důležitost kritérií, je zobrazen v tabulce č.9-1.

*Tabulka 9-1 - Tabulka výsledků metody párového porovnání kritérií*

Kritérium		k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	k <sub>5</sub>	k <sub>6</sub>	Počet preferencí	Pořadí kritéria
Bezpečnost	k <sub>1</sub>		1	1	1	1	1	5	1
Ekonomika	k <sub>2</sub>			2	2	2	2	4	2
Estetika	k <sub>3</sub>				4	5	6	0	6
Kapacita	k <sub>4</sub>					5	6	1	5
Náročnost	k <sub>5</sub>						5	3	3
Zklidnění d.	k <sub>6</sub>							2	4

Pro výpočet nenormované váhy kritéria jsem použil vztah:

$$k_i = n + 1 - p_i$$

kde:

k<sub>i</sub> ... je nenormová váha i-tého kritéria [-]

n ... je počet kritérií

$p_i$  ... je pořadí i-tého kritéria v jeho preferenčním uspořádání [-]

Stanovení normované váhy kritéria vypočítám ze vztahu:

$$v_i = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i}$$

kde:

$v_i$  ... je normovaná váha i-tého kritéria [-]

$k_i$  ... je nenormovaná váha i-tého kritéria [-]

n ... je počet kritérií

Pomocí těchto vzorců jsem vypočítal váhy jednotlivých kritérií. Výsledky těchto vah jsem uvedl do tabulky č.9-2.

*Tabulka 9-2 - Určení hodnot vah kritérií pomocí metody preferenčního pořadí*

Kritérium	Pořadí kritéria	Nenormovaná váha $k_i$ [-]	Normovaná váha [-]
Bezpečnost	1	6	0,29
Ekonomika	2	5	0,24
Estetika	6	1	0,05
Kapacita	5	2	0,09
Náročnost	3	4	0,19
Zklidnění d.	4	3	0,14
Součet	-	21	1

Další část ohodnocení vhodnosti návrhu řešení křižovatky jsem provedl pomocí známek 1–5. Číslo 1 znamená nejlepší výsledek, číslo 5 nejhorší. Hodnocení jsem tedy provedl formou školního známkování, kde celkový nejnížší součet dává nejvhodnější variantu řešení. Při celkovém hodnocení všech kritérií návrhu variant jsem postupoval podle vzorce:

$$H_j = \sum_{i=1}^n v_i * h_{i,j}$$

kde:

$H_i$  ... je celkové hodnocení j-té varianty [-]

$V_i$  ... je normovaná váha i-tého kritéria [-]

$h_{i,j}$  ... hodnocení i-tého kritéria j-té variant [-]

$n$  ... počet kritérií [-]

*Tabulka 9-3 - Konečné zhodnocení variant řešení křižovatky podle metody dílčího hodnocení*

Kritérium	Normovaná váha $v_i$ [-]	Varianta 1 - OK	Varianta 2 - Změna př.
Bezpečnost	0,29	1	3
Ekonomika	0,24	4	4
Estetika	0,05	2	3
Kapacita	0,09	3	5
Náročnost	0,19	4	4
Zklidnění d.	0,14	2	4
Součet	1	2,66	3,75

Díky multikritériálnímu hodnocení jsem dospěl k výsledku, že lepší variantou řešení návrhu je tvorba okružní křižovatky. Dle mého by toto řešení bylo nejvhodnější, jelikož varianta číslo 2 je z hlediska intenzit a kapacit vozidel velmi nestabilní s často se tvořícími kongescemi. Okružní křižovatka je ideální volbou pro větší bezpečnost a plynulost dopravy. Tato varianta byla navržena pro výhledový stav intenzit pro rok 2037, vyhoví tedy i pro výchozí stav.

## 10. Simulace v PTV Vissim

PTV Vissim je program, který slouží k názorné animaci jednotlivých návrhů křižovatky [\[12\]](#). Program dokáže simulovat jednotlivé typy vozidel a jejich intenzity. Celkem jsem vytvořil 4 simulační modely. První dva se týkají stávajícího stavu, kde simulují jak výchozí, tak výhledové intenzity vozidel. Další dva modely se týkají navržených řešení pro výhledové intenzity roku

2037. Jako podklad pro zmíněné simulace jsem vytvořil výkresy v programu Autocad. Tyto výkresy jsem si uložil do JPG formátu.

Nedříve bylo potřeba určit směry jednotlivých dopravních proudů. K tomu slouží linky, resp. pásy. Dopravní pásy spojují konektory. Konektory bývají většinou nároží nebo oblouky spojující jednotlivé jízdní pásy. Následně je potřeba určit vstupní místa, kde začínají vozidla plnit křižovatku. Pro přesnější zobrazení skladby dopravního proudu je třeba rozdělit dané skupiny vozidel, které byly předem určeny při dopravním průzkumu. Návrhová rychlost u všech kategorií je 50 km/h, pouze u kategorie cyklisté byla použita návrhová rychlost 15 km/h. Součástí tohoto řešení je vyřešení protínajících se linek dopravních proudů. Tyto body se nazývají kolizní plochy. Rozlišujeme zelenou a červenou barvu kolizních ploch, upravujících přednost v jízdě. Příklad výstupu z programu je uveden na obrázku 10-1, kde je zobrazen stávající stav křižovatky s výchozími intenzitami. Všechny ostatní výstupy z programu jsou k nalezení v příloze D.



*Obrázek 10-1-PTV Vissim - Stávající stav (výchozí intenzity)*

## 11. Závěr

Cílem mé bakalářské práce byla analýza současného stavu stykové křižovatky ulic Frýdecká - Buničtá - Mostní v Ostravě, její posouzení a možnosti vhodného návrhu řešení okružní křižovatky nebo změny přednosti v jízdě, a to jak pro výchozí, tak pro výhledové intenzity vozidel. Při tvorbě návrhu byl brán zřetel na bezpečnost a plynulost dopravy. Pro přesnost složení dopravy a zjištění konfliktních situací jsem provedl dne 5.10.2017 dopravní průzkum, při kterém byl pořízen videozáznam a složení dopravy podle kategorií vozidel. Průzkum byl proveden s kolegy Kristýnou Plocovou a Davidem Fibichem, kteří mi byli nápomocni při zapisování intenzit dopravy ramen křižovatky do sčítacích archů a kteří poskytli stativ na kvalitní videozáznam.

První možností řešení, kterou jsem navrhl, bylo vytvoření okružní křižovatky, která by vyřešila současný problém často se vytvářejících kongescí a zároveň by vedla ke zvýšení celkové bezpečnosti. Toto řešení bylo ověřeno pomocí vlečných křivek linkového autobusu. Návrhová rychlost ověření byla 20 km/h. Současně byl na všech ramenech vytvořen směrovací ostrůvek, který sloužil pro rozdělení směrově nerozdělené komunikace. Pro nadrozměrné náklady či vozidla je vytvořen pojížděný prstenec, který má šířku 2 m.

Druhým návrhem bylo posouzení a změna zalomené přednosti v jízdě, který jsem doplnil o vybudování odbočovacího pruhu pro dopravní proud č.6 a jeho směrovací ostrůvek. Cílem tohoto řešení bylo napřímít hlavní komunikaci, nyní vedoucí mezi rameny A a C. Současně byl na vedlejší komunikaci navrhnout ostrůvek kapkovitého tvaru pro oddělení směrů jízdních pruhů vedoucí k větší bezpečnosti. Pro řidiče jedoucí z Hrabové (rameno C) do Vratimova (rameno A) jsem vytvořil přídatný pruh šířky 3,25 m, aby řidiči, jedoucí rovně, byli schopni plynule objet vozidla odbočující na vedlejší komunikaci do Ostravy-Kunčice.

Obě navrhovaná řešení jsem posoudil multikriteriálním hodnocením. Z výsledků je vidět, že mnohem vhodnější variantou řešení je tvorba okružní křižovatky. Dle mého názoru se jedná o ideální řešení, ať už z hlediska bezpečnosti nebo plynulosti dopravy i do budoucna. Druhá

varianta má zásadní problém ve vytváření kolon na rameni B, a to z důvodu změny přednosti v jízdě, a proto je zcela nevyhovující a nemohu ji doporučit.

Díky programu PTV VISSIM jsem byl schopen vytvořit vizualizaci jednotlivých návrhů řešení i stávajícího stavu pro výchozí a výhledové intenzity vozidel. Ověřil jsem si také průjezdnost jednotlivých vozidel pomocí vlečných křivek v programu AutoTURN Pro [\[13\]](#).

## 12. Seznam použité literatury

- [1] Mapy.cz [online]. [cit.2017-12-08]. Dostupné z <http://mapy.cz>
- [2] Google maps [online]. [cit. 2017-12-08]. Dostupné z <https://www.google.cz/maps>
- [3] BARTOŠ, Luděk. Stanovení intensity dopravy na pozemních komunikacích: TP 189. 2.vyd. Plzeň: EDIP, 2012. ISBN 978-80-87394-06-9
- [4] BARTOŠ, Luděk. Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek: TP 188. 1.vyd. Mariánské lázně: Pro EDIP, s.r.o. vydalo nakl. Koura, 2007. ISBN 978-80-902527-6-9
- [5] Jednotná dopravní vektorová mapa: Ministerstvo dopravy ČR. Jednotná dopravní vektorová mapa [online]. 2017 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: [www.jdvm.cz](http://www.jdvm.cz)
- [6] BARTOŠ, Luděk, RICHTER Aleš, MARTOLOS Jan, HÁLA Martin. Prognóza intenzit automobilové dopravy: TP 225. 2.vyd. Plzeň: EDIP s.r.o., 2012. ISBN 978-80-87394-07-6
- [7] ČSN 73 6102. Projektování křižovatek na pozemních komunikacích + Z2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, ČR, červen 2012
- [8] TP 135: Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích: Technické podmínky. 3.vyd. Brno: duben 2017.



- [9] Seidl, Antonín: Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích, technické podmínky TP 65: Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací, s účinností od 1.8.2013
- [10] BARTOŠ Luděk, TP 234. Posuzování kapacity okružních křižovatek. 1.vyd. Liberec: EDIP s.r.o., 2011, ISBN 978-80-87394-02-01
- [11] KŘIVDA, Vladislav a Václav ŠKVAIN. Městské komunikace a křižovatky. Městské komunikace a křižovatky [online]. 2011-2013 [2018-04-22]. Dostupné z: <http://kds.vsb.cz/mhd/kvalita-vahy.htm>
- [12] KŘIVDA, Vladislav a Václav ŠKVAIN. Městské komunikace a křižovatky. Městské komunikace a křižovatky [online]. 2011-2013 [2018-04-22]. Dostupné z: <http://kds.vsb.cz/mkk/cv-model-nerizena.htm>
- [13] TP 171: Vlečné křivky pro ověřování průjezdnosti směrových prvků pozemních komunikací. Technické podmínky. Praha: schváleno Ministerstvem dopravy České republiky, 1.1.2005

# 13. Seznam obrázků a tabulek

## Seznam obrázků:

Obrázek 2-1 - Lokalita křižovatky (širší okolí) [1] .....	9
Obrázek 2-2 - Situace bližších vztahů [1] .....	10
Obrázek 2-3 - Označení ramen [2] .....	10
Obrázek 2-4 - Rameno A [2] .....	11
Obrázek 2-5 - Rameno B [2] .....	11
Obrázek 2-6 - Rameno C [2] .....	12
Obrázek 2-7 - Rameno A - Svislé dopravní značení [2] .....	13
Obrázek 2-8 - Rameno B - Svislé dopravní značení [2] .....	13
Obrázek 2-9 - Rameno B - Svislé dopravní značení (Tvar křižovatky) [2] .....	14
Obrázek 2-10-Rameno C - Svislé dopravní značení [2] .....	14
Obrázek 3-1 - Stanoviště a pohled provedení dopravního průzkumu [2] .....	17
Obrázek 3-2 - Schématické znázornění dopravních proudů [2] .....	17
Obrázek 4-1 - Vyznačení nehodových míst na křižovatce ze serveru <a href="http://www.jdvm.cz">www.jdvm.cz</a> [5] .....	21
Obrázek 5-1 - Graf určující střední dobu zdržení a ÚKD závislé na rezervě kapacit dopr. proudů .....	29
Obrázek 5-2 - Délka fronty N95% na vjezdech do neřízené křižovatky v závislosti na stupni vytížení $a_v$ .....	31
Obrázek 10-1-PTV Vissim - Stávající stav (výchozí intenzity) .....	48

## Seznam tabulek:

Tabulka 3-1 - Intenzita vozidel dopravy mezi 6:00 - 7:00 .....	18
Tabulka 3-2 - Intenzita vozidel dopravy mezi 7:00 - 8:00 .....	18
Tabulka 3-3 - Intenzita vozidel dopravy mezi 14:00 - 15:00 .....	18
Tabulka 3-4 - Intenzita vozidel dopravy mezi 15:00 - 16:00 .....	18
Tabulka 3-5 - Určení intenzity špičkové hodiny .....	19
Tabulka 3-6 - Přepočtové koeficienty jednotlivých kategorií vozidel dle TP 188 .....	19
Tabulka 3-7 - Špičková hodina - hodnoty přepočtených kategorií vozidel .....	20

Tabulka 5-1 - Stupně podřazeností proudů uvažované pro výpočet neřízené stykové křižovatky .....	23
Tabulka 5-2 - Střední hodnoty kritických časových odstupů $t_g$ .....	24
Tabulka 5-3 - Návrh středních hodnot následného časového odstupe .....	25
Tabulka 5-4 - Výsledky střední doby zdržení dopravních proudů .....	30
Tabulka 5-5 - Délka front $N_{95\%}$ dopravních proudů podle $a_v$ a kapacity proudu (výchozí rok) .....	31
Tabulka 6-1 - Rozdělení vozidel do kategorií pro výpočet prognózy intenzity dopravy .....	32
Tabulka 6-2 - Koeficienty pro vývoj intenzity dopravy z TP 225 .....	32
Tabulka 6-3 - Celkový součet intenzity kategorií vozidel pro výchozí rok 2017 .....	33
Tabulka 6-4 - Celkový součet intenzity kategorií vozidel pro výhledový rok 2037 .....	33
Tabulka 6-5 - Hodnota přepočtených intenzit dopravních proudů pro výhledový rok 2037 ...	34
Tabulka 6-6 - Výsledky kapacitního výpočtu pro výhledový rok 2037 .....	34
Tabulka 6-7 - Délka front $N_{95\%}$ dopravních proudů podle $a_v$ a kapacity proudu (výhledový rok) .....	35
Tabulka 7-1 - Souhrn výsledků kapacitního výpočtu okružní křižovatky .....	41
Tabulka 8-1 - Souhrn kapacitních výpočtu varianty B - změna přednosti v jízdě .....	44
Tabulka 9-1 - Tabulka výsledků metody párového porovnání kritérií .....	45
Tabulka 9-2 - Určení hodnot vah kritérií pomocí metody preferenčního pořadí .....	46
Tabulka 9-3 - Konečné zhodnocení variant řešení křižovatky podle metody dílčího hodnocení .....	47

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vladislavu Křivdovi, Ph.D., za jeho ochotu, časté konzultace, poskytnutí odborných názorů a rad při vytváření této práce. Také děkuji panu Ing. Janu Petrů, Ph.D., za jeho odborné rady k výkresové části. V neposlední řadě bych také rád poděkoval svým spolužákům Kristýně Plocové a Davidu Fibichovi za jejich pomoc a spolupráci při vytváření této práce a po celou dobu studia.

# Přílohy a výsledky animací PTV

## VISSIM

### Příloha A

#### Kapacitní výpočet stávajícího stavu křižovatky pro výhledové intenzity roku 2037

Stupně podřazenosti dopravních proudů:

Dopravní proudy 1.stupně: 4,5,6

Dopravní proudy 2.stupně: 2,3

Dopravní proudy 3.stupně: 1

Intenzity dopravních proudů

$$I_4 = 384 \text{ voz/h} \quad I_2 = 448 \text{ voz/h}$$

$$I_5 = 560 \text{ voz/h} \quad I_3 = 394 \text{ voz/h}$$

$$I_6 = 286 \text{ voz/h} \quad I_1 = 226 \text{ voz/h}$$

Rozhodující intenzity:

$$I_{h2} = I_5 + 0,5 * I_6 = 560 + 0,5 * 286 = 703 \text{ voz/h}$$

$$I_{h3} = I_5 + I_6 = 560 + 286 = 846 \text{ voz/h}$$

$$I_{h1} = I_5 + I_4 + I_3 + 0,5 * I_6 = 560 + 384 + 394 + 0,5 * 286 = 1481 \text{ voz/h}$$

Hodnota kritických časových odstupů

$$t_{g2} = 2,8 + 0,038 * v_{85\%} = 2,8 + 0,038 * 50 = 4,7 \text{ s}$$

$$t_{g3} = 3,4 + 0,021 * v_{85\%} = 3,4 + 0,021 * 50 = 4,45 \div 4,5 \text{ s}$$

$$t_{g1} = 5,2 + 0,022 * v_{85\%} = 5,2 + 0,022 * 50 = 4,45 \div 6,3 \text{ s}$$

Následný časový odstup:

$$t_{f2} = 3,1 \text{ s}$$

$$t_{f3} = 2,6 \text{ s}$$

$$t_{f1} = 3,5 \text{ s}$$

Základní kapacita

$$G_2 = \frac{3600}{3,1} * e^{-\frac{703}{3600} * (4,7 - \frac{3,1}{2})} = 627,76 \doteq 628 \text{ pvoz/h}$$

$$G_3 = \frac{3600}{2,6} * e^{-\frac{846}{3600} * (4,5 - \frac{2,6}{2})} = 652,74 \doteq 653 \text{ pvoz/h}$$

$$G_1 = \frac{3600}{3,5} * e^{-\frac{1481}{3600} * (6,3 - \frac{3,5}{2})} = 158,24 \doteq 159 \text{ pvoz/h}$$

$$G_4 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$G_5 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$G_6 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

Pravděpodobnost nevzdutí dopravního proudu:

$$p_{0,3} = \max \left\{ 1 - a_{v,3} = 1 - \frac{I_3}{C_3} = 1 - \frac{394}{653} = 0,392 \right\} = 0,392$$

Výsledné kapacity dopravních proudů:

$$C_2 = G_2 \rightarrow C_2 = 628 \text{ pvoz/h}$$

$$C_3 = G_3 \rightarrow C_3 = 653 \text{ pvoz/h}$$

$$C_1 = G_1 * p_{0,3} = 159 * 0,392 = 62,33 \doteq 63 \text{ pvoz/h}$$

$$C_4 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$C_5 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$C_6 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

Rezerva kapacity:

$$\text{Rez}_4 = 1800 - 406 = 1394 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez}_4 = 1 - \frac{406}{1800} = 77,44 \%$$

$$\text{Rez}_5 = 1800 - 574 = 1226 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez}_5 = 1 - \frac{574}{1800} = 68,11 \%$$

$$\text{Rez}_6 = 1800 - 309 = 1491 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez}_6 = 1 - \frac{309}{1800} = 82,83 \%$$

$$\text{Rez}_2 = 628 - 452 = 176 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez}_2 = 1 - \frac{452}{628} = 28,03 \%$$

$$\text{Rez}_3 = 653 - 397 = 256 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez}_3 = 1 - \frac{397}{653} = 39,20 \%$$

$$\text{Rez}_1 = 63 - 251 = -188 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez}_1 = 1 - \frac{251}{63} = -298,41 \%$$

Střední doba zdržení + ÚKD

$$t_{w,4} = < 10 \text{ s} - \text{ÚKD} - \text{A}$$

$$t_{w,2} = > 80 \text{ s} - \text{ÚKD} - \text{F}$$

$$t_{w,5} = < 10 \text{ s} - \text{ÚKD} - \text{A}$$

$$t_{w,3} = 13,5 \text{ s} - \text{ÚKD} - \text{B}$$

$$t_{w,6} = < 10 \text{ s} - \text{ÚKD} - \text{A}$$

$$t_{w,1} = > 80 \text{ s} - \text{ÚKD} - \text{F}$$

Stupeň vytižení:

$$a_{v,4} = \frac{I_4}{C_4} = \frac{406}{1800} = 0,226$$

$$a_{v,2} = \frac{I_2}{C_2} = \frac{452}{628} = 0,719$$

$$a_{v,5} = \frac{I_5}{C_5} = \frac{574}{1800} = 0,319$$

$$a_{v,3} = \frac{I_3}{C_3} = \frac{397}{653} = 0,607$$

$$a_{v,6} = \frac{I_6}{C_6} = \frac{309}{1800} = 0,172$$

$$a_{v,1} = \frac{I_1}{C_1} = \frac{251}{63} = 3,98$$



Délka fronty na vjezdech:

$$N_{95\%,4} = < 5 \text{ m}$$

$$N_{95\%,2} = - \text{ m}$$

$$N_{95\%,5} = < 5 \text{ m}$$

$$N_{95\%,3} = 21 \text{ m}$$

$$N_{95\%,6} = < 5 \text{ m}$$

$$N_{95\%,1} = - \text{ m}$$

ÚKD pro výhledové intenzity stávajícího stavu je pro proud č.1 a 2 ve skupině F, protože spolu sdílejí jeden jízdní pruh. Do budoucna se jedná o velmi nestabilní stav, a proto je potřeba navrhnout vhodné řešení na optimalizaci dopravy.

## Příloha B

### Kapacitní výpočet varianty A – Okružní křižovatka

#### Rameno A

Kapacita vjezdu:

$$C_i = 3600 * \left(1 - \frac{\Delta * I_k}{n_k * 3600}\right)^{n_k} * \frac{n_{i,koe f}}{t_f} * e^{-\frac{I_k}{3600} * (t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta)} =$$

$$C_i = 3600 * \left(1 - \frac{2,1 * 251}{1 * 3600}\right)^1 * \frac{1}{2,8} * e^{-\frac{251}{3600} * (3,8 - \frac{2,8}{2} - 2,1)} = 1074,75 \doteq 1075 \text{ pvoz/h}$$

Rezerva kapacity:

$$\text{Rez} = 1075 - 803 = 272 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez} = \left(1 - \frac{803}{1075}\right) = 25,30 \%$$

Střední doba zdržení + ÚKD:

$$t_w = 12 \text{ s}$$

ÚKD -> B – Zdržení ještě bez front

Stupeň vytížení a délka fronty na vjezdech:

$$a_v = \frac{I_{iA}}{C_{iA}} = \frac{803}{1075} = 0,747 \quad N_{95\%} = 50 \text{ m}$$

Kapacita výjezdu

$$C_e = \frac{3600 * 1}{2,4} = 1500 \text{ pvoz/h}$$

Stupeň vytížení

$$a_v = \frac{1026}{1500} = 0,684 \dots \text{ výjezd kapacitně vyhovuje}$$

## Rameno B

Kapacita vjezdu:

$$C_i = 3600 * \left(1 - \frac{\Delta * I_k}{n_k * 3600}\right)^{n_k} * \frac{n_{i,koef}}{t_f} * e^{-\frac{I_k}{3600} * (t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta)} =$$

$$C_i = 3600 * \left(1 - \frac{2,1 * 397}{1 * 3600}\right)^1 * \frac{1}{2,6} * e^{-\frac{397}{3600} * (4,1 - \frac{2,6}{2} - 2,1)} = 984,92 \doteq 985 \text{ pvoz/h}$$

Rezerva kapacity:

$$\text{Rez} = 985 - 883 = 102 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez} = \left(1 - \frac{883}{985}\right) = 10,36 \%$$

Střední doba zdržení + ÚKD:

$$t_w = 28 \text{ s}$$

ÚKD -> C – vytváří se ojedinělé krátké fronty

Stupeň vytížení a délka fronty na vjezdech:

$$a_v = \frac{I_{iA}}{C_{iA}} = \frac{883}{985} = 0,896 \quad N_{95\%} = 100 \text{ m}$$

Kapacita výjezdu

$$C_e = \frac{3600 * 1}{2,4} = 1500 \text{ pvoz/h}$$

Stupeň vytížení

$$a_v = \frac{657}{1500} = 0,438 \dots \text{ výjezd kapacitně vyhovuje}$$

## Rameno C

Kapacita vjezdu:

$$C_i = 3600 * \left(1 - \frac{\Delta * I_k}{n_k * 3600}\right)^{n_k} * \frac{n_{i,koef}}{t_f} * e^{-\frac{I_k}{3600} * (t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta)} =$$

$$C_i = 3600 * \left(1 - \frac{2,1 * 574}{1 * 3600}\right)^1 * \frac{1}{2,6} * e^{-\frac{574}{3600} * (3,6 - \frac{2,6}{2} - 2,1)} = 892,09 \doteq 893 \text{ pvoz/h}$$

Rezerva kapacity:

$$\text{Rez} = 893 - 703 = 190 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez} = \left(1 - \frac{703}{893}\right) = 21,28 \%$$

Střední doba zdržení + ÚKD:

$$t_w = 17 \text{ s}$$

ÚKD -> B – zdržení ještě bez front

Stupeň vytížení a délka fronty na vjezdech:

$$a_v = \frac{I_{iA}}{C_{iA}} = \frac{703}{893} = 0,787 \quad N_{95\%} = 55 \text{ m}$$

Kapacita výjezdu

$$C_e = \frac{3600 * 1}{2,4} = 1500 \text{ pvoz/h}$$

Stupeň vytížení

$$a_v = \frac{706}{1500} = 0,471 \dots \text{ výjezd kapacitně vyhovuje}$$

## Příloha C

### Kapacitní výpočet varianty B – Změna přednosti v jízdě

Stupně podřazenosti dopravního proudu:

Dopravní proudy 1.stupně: 3,4,2

Dopravní proudy 2.stupně: 6,1

Dopravní proudy 3.stupně: 5

Intenzity dopravních proudů:

$$I_2 = 448 \text{ voz/h} \quad I_6 = 286 \text{ voz/h}$$

$$I_3 = 394 \text{ voz/h} \quad I_1 = 226 \text{ voz/h}$$

$$I_4 = 384 \text{ voz/h} \quad I_5 = 560 \text{ voz/h}$$

Rozhodující intenzity:

$$I_{h6} = I_3 + 0,5 * I_4 = 394 + 0,5 * 384 = 586 \text{ voz/h}$$

$$I_{h1} = I_3 + I_4 = 394 + 384 = 778 \text{ voz/h}$$

$$I_{h5} = I_3 + 0,5 * I_4 + I_1 = 812 \text{ voz/h}$$

Hodnota kritických časových odstupů:

$$t_{g6} = 2,8 + 0,038 * v_{85\%} = 2,8 + 0,038 * 50 = 4,7 \text{ s}$$

$$t_{g1} = 3,4 + 0,021 * v_{85\%} = 3,4 + 0,021 * 50 = 4,5 \text{ s}$$

$$t_{g5} = 5,2 + 0,022 * v_{85\%} = 5,2 + 0,022 * 50 = 4,45 \doteq 6,3 \text{ s}$$

Následný časový odstup:

$$t_{f6} = 3,7 \text{ s}$$

$$t_{f1} = 2,6 \text{ s}$$

$$t_{f5} = 3,5 \text{ s}$$

Základní kapacita:

$$G_3 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$G_4 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$G_2 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$G_6 = \frac{3600}{3,7} * e^{-\frac{586}{3600} * (4,7 - \frac{3,7}{2})} = 612 \text{ pvoz/h}$$

$$G_1 = \frac{3600}{2,6} * e^{-\frac{778}{3600} * (4,5 - \frac{2,6}{2})} = 694 \text{ pvoz/h}$$

$$G_5 = \frac{3600}{3,5} * e^{-\frac{812}{3600} * (6,3 - \frac{3,5}{2})} = 369 \text{ pvoz/h}$$

Pravděpodobnost nevzdutí proudu:

$$p_{0,1} = \max \left\{ 1 - a_{v,1} = 1 - \frac{I_1}{C_1} = 1 - \frac{251}{694} = 0,638 \right\}_0 = 0,638$$

Výsledné kapacity dopravních proudů:

$$C_3 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$C_4 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$C_2 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$C_6 = G_6 = 612 \text{ pvoz/h}$$

$$C_1 = G_1 = 694 \text{ pvoz/h}$$

$$C_5 = G_5 * p_{0,1} = 369 * 0,638 = 235,42 \doteq 236 \text{ pvoz/h}$$

Rezerva kapacity:

$$\text{Rez}_3 = 1800 - 397 = 1403 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez}_3 = 1 - \frac{397}{1800} = 77,94 \%$$

$$\text{Rez}_4 = 1800 - 406 = 1394 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez}_4 = 1 - \frac{406}{1800} = 77,44 \%$$

$$\text{Rez}_2 = 1800 - 452 = 1348 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez}_2 = 1 - \frac{452}{1800} = 74,88 \%$$

$$\text{Rez}_6 = 612 - 309 = 303 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez}_6 = 1 - \frac{309}{612} = 49,51 \%$$

$$\text{Rez}_1 = 694 - 251 = 443 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez}_1 = 1 - \frac{251}{694} = 63,83 \%$$

$$\text{Rez}_5 = 236 - 574 = -338 \text{ pvoz/h}$$

$$\text{Rez}_5 = 1 - \frac{574}{236} = -143,22 \%$$

Střední doba zdržení + ÚKD

$$t_{w,3} = < 10 \text{ s} - \text{ÚKD} - \text{A}$$

$$t_{w,6} = 12 \text{ s} - \text{ÚKD} - \text{B}$$

$$t_{w,4} = < 10 \text{ s} - \text{ÚKD} - \text{A}$$

$$t_{w,1} = 8 \text{ s} - \text{ÚKD} - \text{A}$$

$$t_{w,2} = < 10 \text{ s} - \text{ÚKD} - \text{A}$$

$$t_{w,5} = > 80 \text{ s} - \text{ÚKD} - \text{F}$$

Stupeň vytížení:

$$a_{v,3} = \frac{I_3}{C_3} = \frac{397}{1800} = 0,221$$

$$a_{v,6} = \frac{I_6}{C_6} = \frac{309}{612} = 0,505$$

$$a_{v,4} = \frac{I_4}{C_4} = \frac{406}{1800} = 0,226$$

$$a_{v,1} = \frac{I_1}{C_1} = \frac{251}{694} = 0,362$$

$$a_{v,2} = \frac{I_2}{C_2} = \frac{452}{1800} = 0,251$$

$$a_{v,5} = \frac{I_5}{C_5} = \frac{574}{236} = 2,432$$

Délka fronty na vjezdech:

$$N_{95\%,3} = < 5 \text{ m}$$

$$N_{95\%,6} = 18 \text{ m}$$

$$N_{95\%,4} = < 5 \text{ m}$$

$$N_{95\%,1} = 18 \text{ m}$$

$$N_{95\%,2} = < 5 \text{ m}$$

$$N_{95\%,5} = - \text{m}$$

ÚKD pro dopravní proud č.5 je ve skupině F. Jedná se o velmi nestabilní stav a návrh řešení křižovatky s vypočtenými intenzitami vozidel dopravy pro výhledový rok 2037.



# Příloha D

## PTV VISSIM – Výsledky animací (JPG)

### Stávající stav – výchozí intenzity



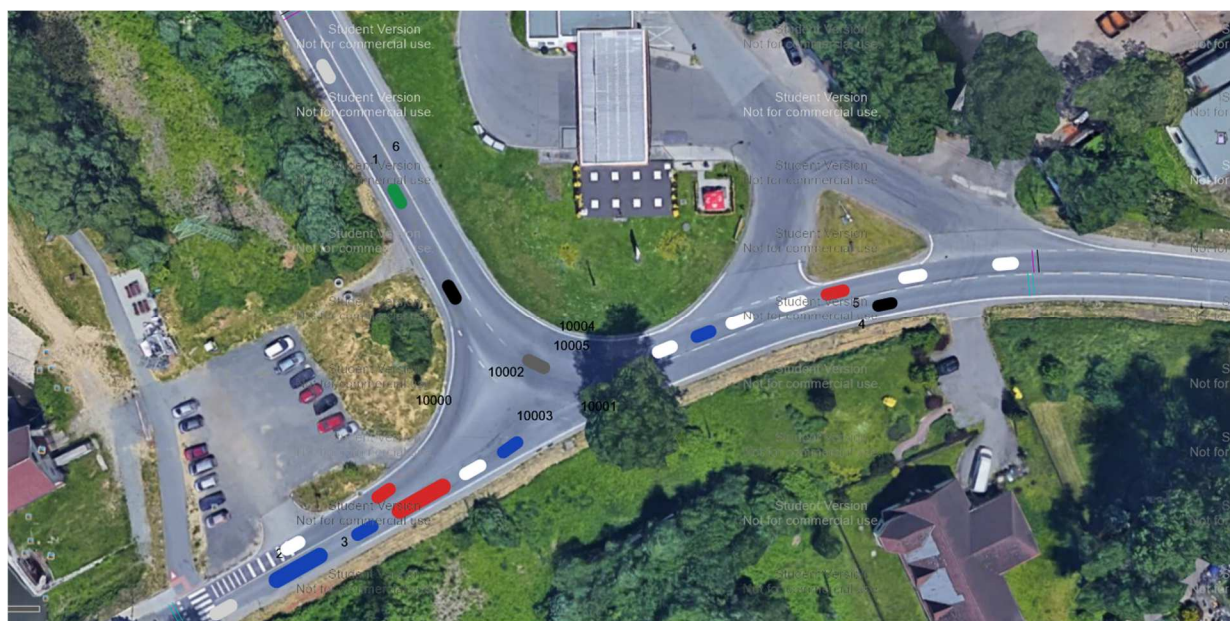
*Obrázek 2 - Stávající stav - výchozí intenzity (2D)*



*Obrázek 3 - Stávající stav - výchozí intenzity (3D)*



## Stávající stav – výchozí intenzity

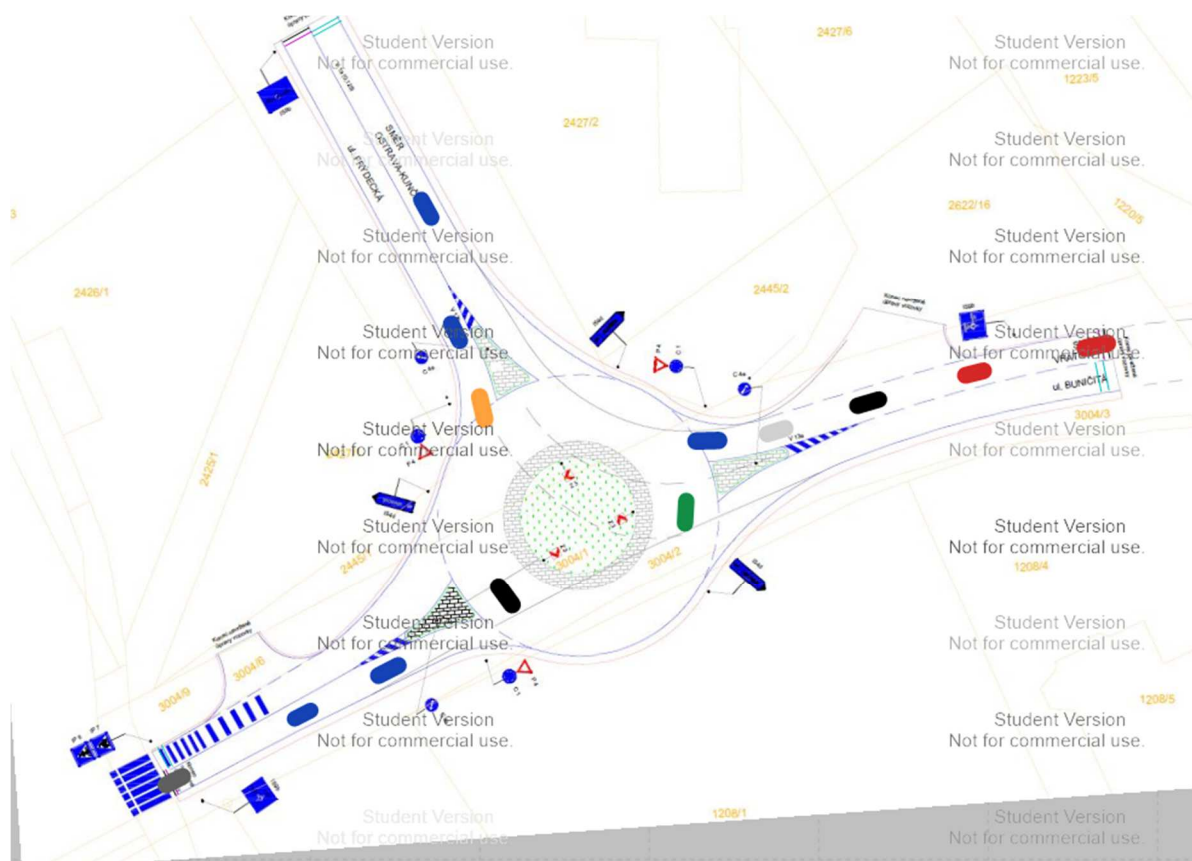


Obrázek 4 - Stávající stav - výhledové intenzity (2D)



Obrázek 5 - Stávající stav - výhledové intenzity (3D)

## Okružní křižovatka – výhledové intenzity



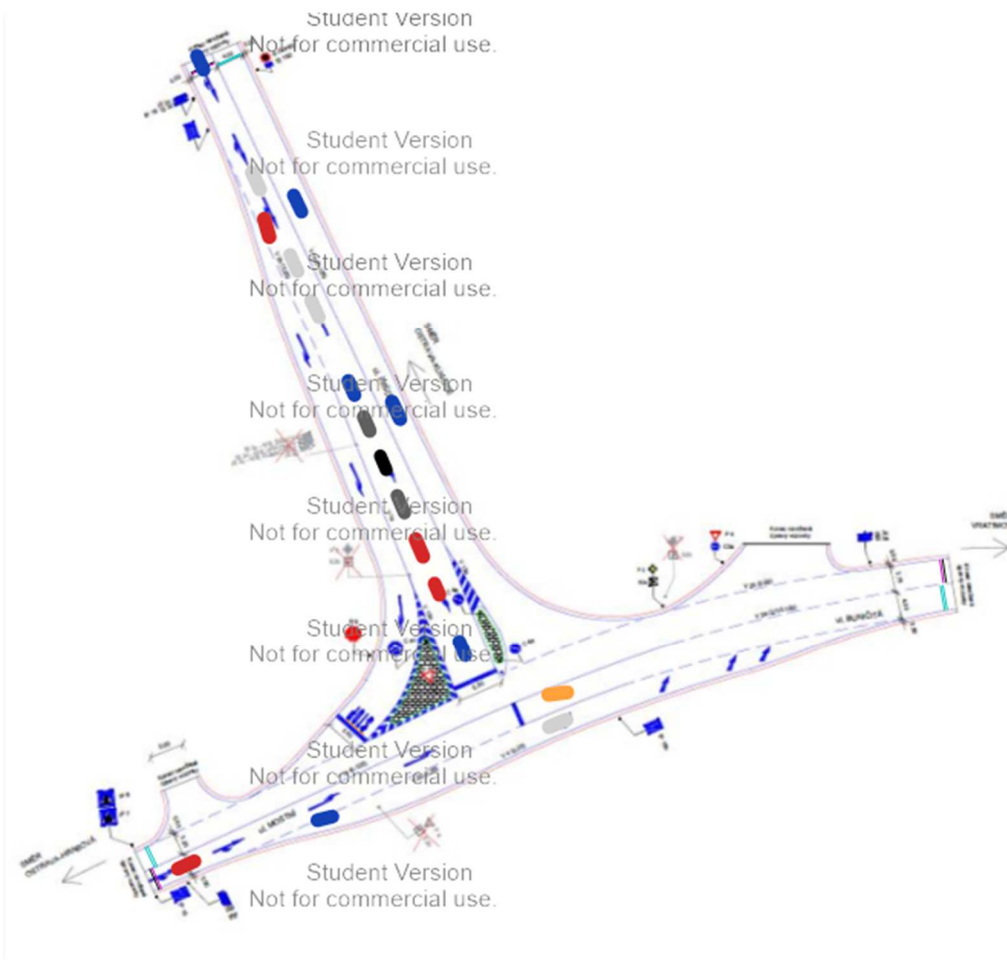
Obrázek 6 - Okružní křižovatka - výhledové intenzity (2D)



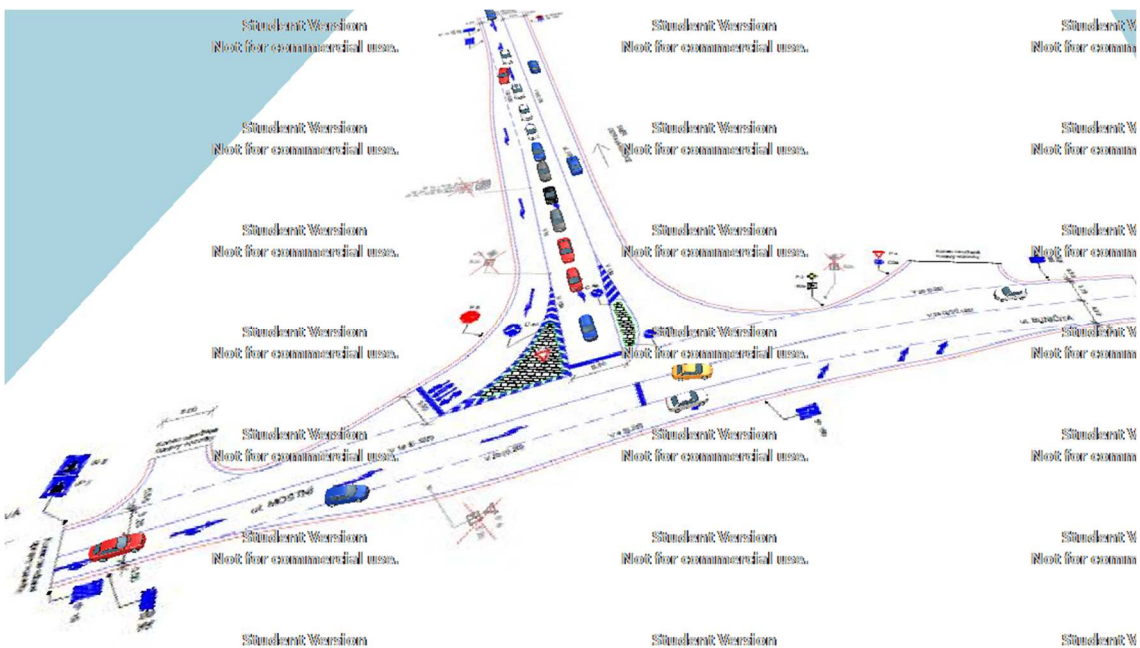
Obrázek 7 - Okružní křižovatka - výhledové intenzity (3D)



## Změna přednosti v jízdě – výhledové intenzity



Obrázek 8 - Změna přednosti v jízdě - výhledové intenzity (2D)



Obrázek 9 - Změna přednosti v jízdě - výhledové intenzity (3D)